

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ПОТЕНЦИОМЕТРА ТИПА КСПЗ

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством
в машиностроении»

Идентификационный код ВКР: 378

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б. Н. Гузанов
« ____ » _____ 2019 г.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ПОТЕНЦИОМЕТРА ТИПА КСПЗ

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством
в машиностроении»

Исполнитель:
студент группы КМ-401п

Д.Д. Журавлева

Руководитель:
канд. пед. наук,
доцент кафедры ИММ

Т.Б. Соколова

Нормоконтролер:
доцент, канд. техн. наук,
доцент кафедры ИММ

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 86 страницах, содержит 8 рисунков, 8 таблиц, 34 источников литературы, в том числе 1 приложение на 16 страницах.

Ключевые слова: КАЛИБРОВКА, МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ПОТЕНЦИОМЕТР, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ.

Библиографическое описание ВКР.

Журавлева Д.Д. Разработка методики калибровки потенциометра типа КСПЗ: выпускная квалификационная работа / Д.Д. Журавлева; Российский государственный профессионально-педагогический университет; Институт инженерно-педагогического образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроительного металлургии, сертификации и методики профессионального обучения. – Екатеринбург, 2019. – 86 с.

Цель выпускной квалификационной работы – выявление номенклатуры и пределов значений метрологических характеристик потенциометра типа КСПЗ и разработка структуры и содержания методики его калибровки.

В выпускной квалификационной работе проанализирована необходимая литература. Изучена процедура метрологического обеспечения средств измерений с помощью калибровки средств измерений. Сформированы структура и содержание разделов методики калибровки потенциометра типа КСПЗ. Проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по метрологии».

Разработаны методические материалы для подготовки персонала к использованию разработанной методики калибровки, в виде лабораторной, самостоятельной, практической работы, а также разработан итоговый контроль.

Работа выполнена для ООО «Уральский Дизель-моторный завод».

					44.03.04.378.ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методики калибровки потенциометра типа КСПЗ			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Журавлева								2	86	
Провер.		Соколова						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО каф. ИММ гр. КМ-401п				
Реценз.												
Н. Контр.		Категоренко										
Утверд.		Гузанов										

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. НОРМАТИВНАЯ ОСНОВА КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	7
1.1. Понятие калибровки средств измерений.....	8
1.2. Нормативно-правовая база процедуры калибровки.....	12
1.3. Требования к разработке методик калибровки средств измерений и процедура ее применения.....	17
1.4. Понятие неопределенности и погрешности при калибровке средств измерений.....	19
2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ПОТЕНЦИОМЕТРА ТИПА КСПЗ.....	23
2.1. Характеристика предприятия ООО «УДМЗ» и его метрологическая служба.....	23
2.2. Метрологические характеристики потенциометра типа КСПЗ.....	29
2.3. Выбор эталонов для калибровки потенциометра типа КСПЗ.....	36
2.4. Расчет погрешности и неопределенности измерений.....	40
2.5. Формирование методики калибровки.....	43
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ.....	47
3.1. Анализ профессионального стандарта «Специалист по метрологии.....	47
3.2. Разработка содержания методического обеспечения для подготовки персонала к использованию методики калибровки.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А – методика калибровки потенциометра типа КСПЗ.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Ведущим законом, устанавливающим основы обеспечения единства измерений, является Федеральный закон № 102 – ФЗ от 26.06.2008 (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений». Целями настоящего закона являются: установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации, защита прав и интересов граждан от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений, обеспечение потребностей граждан, общества и государства в получении достоверных и сопоставимых результатов измерений, а также содействие в развитии экономики и научно-техническому прогрессу Российской Федерации [1].

Калибровка является одним из основных способов метрологического обеспечения и обслуживания средств измерений.

Промышленные предприятия с каждым годом все больше заинтересованы в развитии проведения калибровочных работ, проведение которых, обеспечит единство измерений на добровольной основе, средств измерений, которые не подлежат поверке и не являются применяемыми в сфере государственного регулирования.

Калибровка измерений может осуществляться не только аккредитованными лабораториями, но и силами предприятия. Предприятия могут быть не аккредитованы на право калибровочных работ, поэтому данная процедура будет проводиться только для средств измерений, имеющихся на предприятии. Калибровка на предприятии обеспечивает своевременный ремонт оборудования, что обуславливает как временную, так и экономическую эффективность.

Работа выполняется на базе ООО «Уральский Дизель-моторный завод». Метрологическая служба данного предприятия не аккредитована на право поверки в национальной системе аккредитации, на предприятии проводятся работы по калибровке собственных средств измерений. Калибровка средств измерений выполняется силами работников бюро метрологического обеспечения.

На предприятии ООО «Уральский Дизель-моторный завод» имеется многочисленный парк средств измерений, в который входят геометрические, теплофизические, температурные, энерготехнические, и т.д. Для метрологического подтверждения пригодности внутри предприятия средств измерений, необходима методика калибровки, так как используемая методика поверки, содержит избыточные пункты, которые являются необязательными для Заказчика и дальнейшего использования средства измерения.

Одним из рабочих средств измерений на предприятии является потенциометр типа КСПЗ. Калибровка средства измерения проводится на основе стандартизированной методики поверки потенциометров. В область применения стандарта на поверку потенциометра входит также поверка уравновешенных мостов, что для ООО «Уральский Дизель-моторный завод» не актуально. На предприятии применяются потенциометры типа КСП 3. Значит необходимо адаптировать методику к особенностям данного прибора.

Цель выпускной квалификационной работы – выявление номенклатуры и пределов значений метрологических характеристик потенциометра типа КСПЗ и разработка структуры и содержания методики его калибровки.

Объектом дипломной работы является: калибровка потенциометра постоянного тока типа КСПЗ.

Предмет выпускной квалификационной работы – методика калибровки потенциометра типа КСПЗ.

Задачи:

- проанализировать нормативные документы, специальные источники, методическую литературу, связанную с понятием о калибровке;
- изучить процедуру метрологического обеспечения средств измерений с помощью калибровки средств измерений;
- сформировать структуру и содержание разделов методики калибровки потенциометра типа КСПЗ;
- разработать методические материалы для подготовки персонала к использованию разработанной методики калибровки.

ОБОЗНАЧЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЯ

ГСИ – государственная система обеспечения единства измерений;

МК – методика калибровки;

МС – метрологическая служба;

МО – метрологическое обеспечение;

БМО – бюро метрологического обеспечения;

СИ – средства измерений;

ГОСТ – национальный стандарт;

ФЗ – федеральный закон.

1 НОРМАТИВНАЯ ОСНОВА КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Важность, значимость, контроль измерений для измерительного оборудования базируется на конституционной форме, в законодательном порядке издания положений, правовых и нормативных актов. На рисунке 1 приведены основные документы, являющиеся основой метрологической деятельности [2].

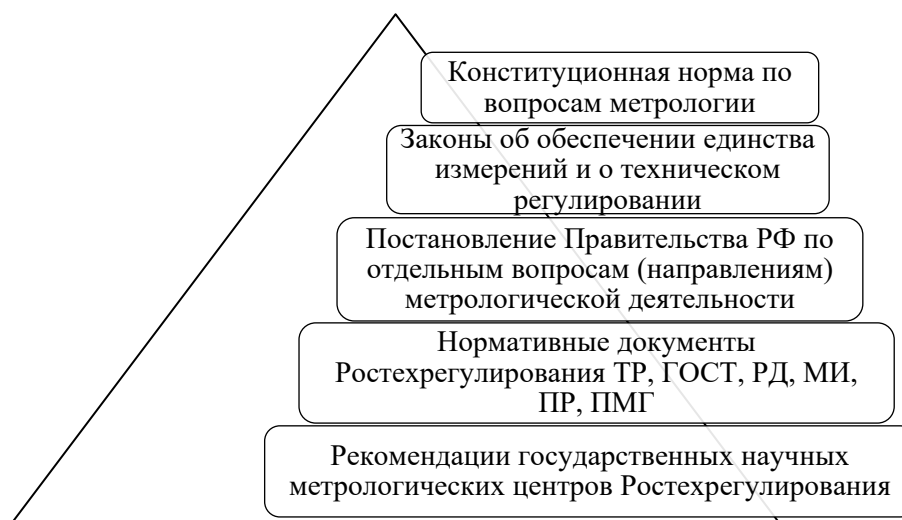


Рисунок 1 – Нормативная база обеспечения единства измерений

Средства измерения, не утвержденного типа, которые не предназначены для использования в сфере государственного регулирования, подвергаются только калибровочным работам добровольного порядка.

Для проведения процедуры калибровки средств измерений используют следующие документы:

- законы;
- подзаконные акты;
- стандарты.

Закон, который раскрывает основы в сфере обеспечения единств измерений, а также калибровочных работ в целом:

Федеральный закон № 102 – ФЗ от 26.06.2008 «Об обеспечении единства измерений». Закон принят Государственной Думой 11 июня 2008 года, одобрен

Советом Федерации 18 июня 2008 года. Закон содержит 29 статей, входящих в 10 глав.

1.1 Понятие калибровки средств измерений

Наиболее общие требования к калибровке средств измерений установлены Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений». В соответствии с главой 4, статьей 18 предложено описание калибровки средств измерений. В данной статье имеется информация о сущности процедуры.

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений, которые применяются вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Средства измерения, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке [1].

Наряду с калибровкой способом метрологического обеспечения производства является поверка СИ. Поверку СИ, входящих в сферу государственного регулирования, осуществляют аккредитованные юридические лица и индивидуальные предприниматели. Также поверка может осуществляться в добровольном порядке, если СИ не применяются в сфере государственного регулирования. Выявить сущность калибровки предлагаем методом ее сравнения с поверкой с помощью предлагаемой таблицы. Критериями сравнения являются: основа для проведения, предварительные условия, цель, порядок проведения, периодичность проведения, уполномоченные службы, техническая процедура, содержание процедуры, достоверность результатов, результат проведения, способ удостоверения, оценка результатов, неопределенность измерений.

Стоит подчеркнуть, что понятие терминов «калибровка» и «поверка» имеют тесную связь, по определению в Законе, отличие просматриваются в особенностях каждой из операций, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение метрологических аспектов поверки и калибровки

Критерии сравнения	Калибровка	Поверка
Основа для проведения	Требования заказчиков, технические правила, нормы	Законодательные требования
Предварительные условия	Принятие результатов калибровки	Утверждение типа
Цель	Определение и подтверждение действительных характеристик СИ	Определение и подтверждение соответствия СИ установленным требованиям
Порядок проведения	На добровольной основе для средств измерений, не входящих в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений	На обязательной основе для средств измерений, в организациях, аккредитованных на право поверки; на добровольной основе, состоящих в реестре государственного регулирования
Периодичность проведения	При эксплуатации, при импорте, прокате, при первом использовании прибора, при выпуске из ремонта	Первичная поверка; внеочередная поверка, инспекционная поверка, экспертная поверка не зависит от срока межповерочного интервала
Уполномоченные службы	Метрологическая служба предприятия, сторонние организации	Аккредитованная метрологическая служба
Техническая процедура	Выявление погрешности с помощью эталона	Сопоставление полученного значения со значением, измеренным с помощью эталона
Содержание процедуры	Определение между измеренными и соответствующими значениями величинами (условия, время, дата)	Оценка соответствия законодательным требованиям
Достоверность результатов	В момент калибровки	На протяжении межповерочного интервала
Результат проведения	Выявление действительных значений метрологических характеристик	Подтверждение соответствия фиксированным метрологическим требованиям
Способ удостоверения	Сертификат о калибровке, запись в документах по эксплуатации, калибровочный знак	Свидетельство и знак о поверке
Оценка результатов	Пользователь средства измерения, Заказчик	Организация, проводящая поверку
Неопределенность измерений	Зависит от компетенции лаборатории и характеристик калибруемого СИ	В соответствии с методикой поверки

Для проведения калибровки СИ МС предприятия должна соответствовать установленным критериям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», в число которых входит наличие методик калибровки. В документе прописаны следующие требования двух видов: требования к менеджменту и требования технического характера.

Требования к менеджменту включают в себя:

- требования к лаборатории или организации;
- требования к системе менеджмента;
- требования к управлению документацией;
- требования к анализу запросов, заявок на подряд контрактов;
- требования к заключению субподрядов на проведение испытаний и калибровке;
- требования к приобретению услуг и запасов;
- требования к обслуживанию заказчиков;
- требования к претензиям заказчиков или других сторон;
- требования к управлению работами по испытаниям и калибровке, соответствующим установленным требованиям;
- требования к улучшению результативности системы менеджмента;
- требования к корректирующим действиям в случаях, если выявлены несоответствующая работа или отступления от политики или процедур, предусмотренных системой менеджмента или техническими операциями;
- требования к предупреждающим действиям;
- требование к управлению записями;
- требования к внутренней проверке;
- требование к анализу со стороны руководства.

Технические требования состоят из:

- общие положения;
- требования к персоналу;

- требования к помещениям и условиям окружающей среды;
- требования к методике испытаний и калибровки, а также оценка пригодности методик;
- требования к оборудованию;
- требования к прослеживаемости измерений;
- требование к отбору образцов;
- требования к обеспечению качества результатов испытаний и калибровки;
- требование к отчетности о результатах [3].

Немаловажным пунктом для обеспечения единства измерений с помощью процедуры калибровки является выбор эталонной базы измерений. Эталон – это средство измерительной техники, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины или шкалы измерений [4].

Документ, устанавливающий основные положения по созданию, применению, содержанию, назначению и описывающий классификацию эталонов единиц величин называется ГОСТ Р 8.885–2015 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Основные положения» [5].

Эталоны подразделяют по подчиненности и уровням точности. На территории Российской Федерации исходными эталонами являются государственные первичные эталоны. Далее по иерархическому признаку следуют следующие эталоны единиц величин:

- государственные первичные специальные эталоны единиц величин;
- вторичные эталоны, к которым относят эталоны-копии, эталоны сравнения, рабочие эталоны.

Эталоны единиц величин могут быть созданы в виде одиночного или группового эталона единиц величины, также в виде эталонного набора или эталонного комплекса.

Утверждение эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, осуществляет Фе-

деральное агентство по техническому регулированию и метрологии на основании результатов первичной аттестации эталонов, устанавливающей их соответствие предъявляемым к эталонам обязательным требованиям [5].

Калибровка средств измерений выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств [1].

Источником официальной информации об аттестации эталонов, является федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, входящее в систему федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, находящееся в ведении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (далее Росстандарт).

На официальном сайте Росстандарта описаны этапы аттестации эталонов единиц величин, методические материалы для данной операции, а также рекомендации по заполнению форм документов.

По итогу, результатами калибровки средств измерений является:

- протокол с принятыми действительными значениями метрологических характеристик;
- сертификат калибровки.

1.2 Нормативно-правовая база процедуры калибровки

Перечень законодательных и нормативных документов, используемых для калибровки СИ составляют:

1. Законы Российской Федерации и подзаконные акты;
2. Документы Российской системы калибровки (РСК);
3. Межгосударственные стандарты (ГОСТ).

Документы первой группы являются:

1. Закон, устанавливающий основу калибровки в целом сфере обеспечения единства измерений: Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102 [1];

2. Приказ Правительства Российской Федерации от 2.04.2015 № 311 «Об утверждении Положения о признании результатов калибровки при поверке средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» содержит устанавливает порядок признания результатов калибровки при поверке средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и требования к содержанию сертификата калибровки, включая прослеживаемость [6].

Методическую основу для проведения калибровочных работ, составляют документы второй группы, к которым относятся:

1. РД РСК 01 – 2014 «Положение о Российской системе калибровки». Основная цель документа – раскрыть функционирование РСК, выделить предметы деятельности, уточнить организационную структуру, отметить основные функции и права и обязанности председателя, членов совета, технических комитетов, подкомитетов, рабочих групп, исполнительного органа, уполномоченных экспертных организаций РСК [7];

2. Документ РД РСК 02 – 2014 «Порядок организации деятельности Российской системы калибровки» устанавливает порядок организационной деятельности РСК, в котором содержатся такие разделы, как:

- введение;
- общие положения;
- основные требования к лицам, претендующим на подтверждение соответствия требованиям РСК и ГОСТ/МЭК 17025;
- порядок проведения работ по оценке и подтверждению компетентности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в части выполнения калибровочных работ в соответствии с требованиями РСК и ГОСТ ИСО/МЭК 17025, осуществляемых непосредственно Исполнительным органом РСК;

- порядок проведения работ по оценке и подтверждению компетентности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в части выполнения калибровочных работ в соответствии с требованиями РСК и ГОСТ ИСО/МЭК 17025, осуществляемых с участием уполномоченных экспертных организаций РСК;

- инспекционный контроль за деятельностью юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, зарегистрированных в Реестре РСК;

- порядок регистрации в Российской системе калибровки юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованных в области обеспечения единства измерений на компетентность в выполнении работ по поверке средств измерений;

- порядок ведения Реестра РСК;

- приложения различных форм заполнения [8];

3. Р РСК 001 – 95 «Российская система калибровки. Типовое положение о калибровочной лаборатории». Настоящая рекомендация раскрывает основные положения, определения, предметы деятельности, структуру, функции, а также права и обязанности [9];

4. ПР РСК 005 – 03 «Указания по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000 "Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий" в Российской системе калибровке». Правила включают в себя общие положения, требование к управлению и технические требования ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 [10];

5. ПР РСК 003 – 98 «Порядок осуществления инспекционного контроля за соблюдением аккредитованными метрологическими службами требований к проведению калибровочных работ». Настоящие правила устанавливают основные требования к порядку осуществления инспекционного контроля за соблюдением аккредитованными метрологическими службами требований к проведению калибровочных работ [11];

6. ПР РСК 002 – 95 «Калибровочные клейма». Содержание настоящих правил состоит из описания, изготовления, применения, хранения и гашения

калибровочных клейм. Приложение содержит примеры рисунков калибровочных клейм, применяемых аккредитующими органами.

При проведении калибровки, пользуются следующими стандартами и документами по стандартизации [12].

1. ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009 «ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» Настоящий стандарт устанавливает общие требования к компетентности лабораторий в проведении испытаний и/или калибровки, включая отбор образцов, испытания и калибровку, проводимые по стандартным методикам, нестандартным методикам и методикам, разработанным лабораторией [3];

2. ГОСТ ИСО/МЭК 17011–2009 «Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия». Данный стандарт применяется как документ, содержащий требования к процессу равноправной оценки, благодаря которым обеспечивается соответствие функционирования органов по аккредитации требованиям настоящего стандарта [13];

3. ГОСТ Р 8.879 – 2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению». Настоящий стандарт устанавливает основные требования к построению, содержанию и изложению методик калибровки средств измерений в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [14];

4. РМГ 120 – 2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Общие требования к выполнению калибровочных работ». Настоящие рекомендации устанавливают общие требования к организации и выполнению калибровочных работ в соответствии с межгосударственными требованиями, предъявляемыми к калибровочным лабораториям, а также рекомендации предназначены для применения калибровочными лабораториями при разработке собственных систем обеспечения качества выполнения калибровочных работ [15];

5. ПР 50 – 732 – 93 «ГСИ. Типовое положение о метрологической службе органов управления Российской Федерации и юридических лиц». Типовое положение имеет направление на МС государственных органов управления РФ и юридических лиц, осуществляющих выполнение работ по обеспечению требуемой точности и обеспечению единства измерений, метрологическому контролю и надзору в РФ [16];

6. ПР 50.2.018 – 95 «ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ». Настоящие правила раскрывают основные положения по осуществлению и организации аккредитации МС на право проведения калибровки. Документ состоит из следующих глав:

- общие положения;
- определения;
- порядок аккредитации метрологической службы юридического лица на право проведения калибровочных работ;
- инспекционный контроль за соблюдением аккредитованными МС требований к проведению калибровочных работ;
- аннулирование аттестата аккредитации МС;
- разрешение споров;
- приложение содержит необходимые формы: заявка, акт, извещение, аттестат [17].

1.3 Требования к разработке методик калибровки средств измерений и процедура ее проведения

Для формирования методики калибровки средств измерений, разработчикам необходимо изучить ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению», который утвержден и введен в

действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 ноября 2014 г. N 1701-ст [14]. Стандарт устанавливает требования к построению, изложению и содержанию методики средств измерений в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025.

Стандарт имеет следующие разделы:

- область применения;
- термины и определения;
- общие положения;
- общие требования к содержанию и изложению методики калибровки;
- приложение А Форма титульного листа методики калибровки;
- приложение Б Рекомендации по построению и содержанию методики калибровки.

В методики применены такие термины, как калибровка СИ, методика калибровки средств измерений, оценка пригодности, сертификат калибровки, целевая неопределенность измерений.

Методики калибровки имеют классификацию по назначению, которые предназначены для калибровки средств измерений, относящихся к одной или нескольким группам средств измерений, одного или нескольких типов СИ, а также для единичных экземпляров.

Документ, регламентирующий методику калибровки, может быть представлен в видах:

- международного, регионального, межгосударственного или национального стандарта;
- специального раздела технических условий на средства измерений или соответствующего стандарта;
- специального раздела эксплуатационной документации средств измерений;
- документа, оформленного в качестве рекомендаций, утвержденных государственным научным метрологическим институтом;

- документа, утверждаемого руководителем предприятия - разработчика методики калибровки;

- документа, утверждаемого руководителем предприятия, применяющего методику калибровки.

Методику калибровки могут разрабатывать:

- государственные научные метрологические институты;
- метрологические центры или научно-исследовательские институты, специализирующиеся на разработке новых методов и средств измерений в конкретных областях применения;
- изготовители (разработчики) средств измерений;
- пользователи средств измерений (заказчики калибровочной лаборатории);
- калибровочные лаборатории [14].

Оформление методики осуществляется самостоятельным документом, в содержании которого обязательно должны быть разделы: титульный лист, наименование, номер, сведения о разработчике, область распространения, описание основных характеристик и особенностей СИ, метрологические характеристики, средства калибровки и вспомогательного оборудования, сведения окружающей среды, описание процедуры калибровки.

1.4 Понятие неопределенности и погрешности при калибровке средств измерений

Понятия неопределённости и погрешности являются одними из показателей точности измеренного значения величины. Рассмотрим понятия «неопределенности» и «погрешности», а также раскроем различие понятий.

Погрешность измерения – результат измерения (измеренное значение величины) минус опорное значение величины.

Истинное значение величины не может быть определено. Это понятие меняют только в теоретических исследованиях. На практике используют опорное значение величины x_0 и погрешность измерения Δ определяют по формуле:

$$\Delta = x_{\text{изм}} - x_0, \quad (1)$$

где $x_{\text{изм}}$ – значение величины, полученное путем измерения;

x_0 – значение, приписываемое конкретной величине и принимаемое, часто по соглашению, как имеющее неопределенность, приемлемую для данной цели [18].

Исходя из этого, к погрешности измерения относится только конкретный результат измерения, полученный с использованием конкретного экземпляра СИ. Погрешность может быть, как положительным, так и отрицательным числом. Погрешности разделяют на следующие виды:

- относительная погрешность: отношение погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины;
- систематическая погрешность: составляющая погрешности измерения, которая в повторных измерениях остается постоянной или изменяется предсказуемым образом;
- случайная погрешность: составляющая погрешности измерения, которая в повторных измерениях изменяется непредсказуемым образом.

Неопределенность измерений – это неотрицательный параметр, характеризующий разброс значений величины, приписываемых измеряемой величине, используемой информации.

Неопределенность измерений включает в себя составляющие, обусловленные систематическими эффектами, такие как составляющие, связанные с поправками и приписанными эталонам значениями величин, а также с неопределенностью измеряемой величины.

В общем случае неопределенность измерения содержит много составляющих. Некоторые из этих составляющих могут быть оценены по типу А (статистическое распределение, охарактеризованные стандартным отклонением), другие составляющие оцениваются по типу В (охарактеризованные стандартным

отклонением, оцененным из функций плотности вероятности, основанных на опыте или другой информации).

Источником составляющих неопределенности измерений типа А является наблюдаемое рассеивание показаний, используемых при измерении СИ. Если при n – кратном измерении одного и того же значения измеряемой величины показаний СИ хаотически отличаются друг от друга (имеют разброс), то их можно рассматривать как реализация случайной величины. Наиболее полной характеристикой любой случайной величины является ее закон распределения.

В основе оценивания неопределенности типа В, лежит «научное суждение», основанное на всей имеющейся в распоряжении априорной информации об изменчивости входных величин. Их основными источниками являются: объект измерения. Процедура измерения, СИ, оператор, окружающая среда, расчеты, программное обеспечение [19].

При оценивании неопределенности для калибровки, необходимы следующие понятия:

- бюджет неопределенности: отсчет о неопределенности измерения, о ее компонентах, об их вычислении и суммировании;
- входная величина: величина, которая должна быть измерена, или величина, значение которой может быть иным образом получено для того, чтобы вычислить значение измеряемой величины;
- выходная величина – величина, измеряемое значение которой вычисляется с использованием значений входных величин в модели измерения;
- суммарная стандартная неопределенность: стандартная неопределенность результата измерения, полученного через значения других величин, равная положительному квадратному корню из взвешенной суммы дисперсии этих величин;
- расширенная неопределенность – величина, задающая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого, как ожидается, находится большая часть значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине [20].

Оценивание результата измерений и его неопределенности проводится в следующем порядке:

1. Составление уравнения измерений;
2. Оценивание входных величин и их неопределенностей;
3. Оценивание выходных величин и их неопределенностей;
4. Составление бюджета неопределенности;
5. Представление результатов калибровки [20].

Количественно «неопределенность измерений» принято характеризовать «стандартной неопределенностью» – неопределенность результата измерения, выраженной как стандартное отклонение «суммарной стандартной неопределенностью» и «расширенной неопределенностью».

Таким образом, «неопределенность измерения», как параметр, характеризует рассеяние множества возможных значений результатов измерений в рассматриваемой измерительной ситуации, но не погрешность конкретного результата измерения. Даже при пренебрежимо малой погрешности результат неопределенности велик [18].

Порядок оценки неопределенности измерений устанавливают в таких документах, как:

– Р 50.2.038–2004 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений». Документ подробно описывается составляющие погрешности и неопределенности результата измерения, оценивание не исключенной систематической погрешности и стандартной неопределённости, оцениваемой по типу В и оценивание случайной погрешности и стандартной неопределенности, оцениваемой по типу А результатов измерения, оценивание погрешности и расширенной неопределенности результата измерения, форма представления результата измерения [21];

– ГОСТ 34100.1–2017/ISO/IEC Guide 98–1:2009 «Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения». В стандарте описываются понятия, принципы, этапы, составление

модели, трансформирование распределений и вычисление значений оценок, применение методов [22];

– ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98–3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения». Данный документ содержит оценивание стандартной неопределенности, определение суммарной и расширенной неопределенности, представление результатов оценивания, краткое описание процедуры оценивания и представления неопределенности [23].

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ПОТЕНЦИОМЕТРА ТИПА КСПЗ

2.1 Характеристика предприятия ООО «УДМЗ» и его метрологическая служба

ООО «Уральский дизель-моторный завод» («УДМЗ») – основное российское машиностроительное предприятие, продукция которого нацелена на выпуск дизель-генераторов и дизелей различных типов судостроения, тепловозостроения, в малой энергетике. Предприятие образовано в 2003 году при разделении производственного комплекса ОАО «Турбомоторный завод» (г. Екатеринбург). В Группу «Синара» завод вошел в 2008 году, в состав холдинга СТМ в феврале 2010 года [24].

На предприятии существуют различные локальные документы, в виде положений, инструкций, регламентов, руководство по качеству, документированной процедуры.

На ведущих предприятиях необходимо разрабатывать и постоянно совершенствовать систему менеджмента качества, так и на ООО «Уральский дизель-моторный завод» система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям стандартов СРПП ВТ (система разработки и постановки на производство военной техники) и ГОСТ Р ИСО 9001. Сертификат, выданный «Региональным центром по сертификации», позволяет заводу разрабатывать, обслуживать, производить и осуществлять надзор и ремонт продукции предприятия, участвовать в тендерах на размещение государственного заказа, а также осуществлять поставки оборудования для государственных компаний. Документ распространяется как на военную, так и на гражданскую продукцию, выпускаемой на предприятии.

Предприятие ООО «УДМЗ» имеет типовую организационную структуру предприятия, во главе которой стоит генеральный директор. Структура предприятия состоит из двух цехов: Д2 и Д1. В цеху, именованном Д2, находится

компонентное производство, там происходит обработка деталей для дальнейшей сборки на токарных и фрезерных станках, в том числе и на станках с ЧПУ. Также в цехе имеется термический участок, где воспроизводятся такие операции, как закалка, отпуск, нормализация изготавливаемой продукции. В цехе Д1 располагается сборочное производство. Цех предназначен для процессов, связанных на прямую с процедурой сборки готовых покупаемых и поступивших с Д2 изделий и деталей. Испытания готового изделия происходит в присутствии заказчика, в случае положительного результата, продукция отправляется на стадию упаковки и отправки.

Организационная структура управления дирекции по качеству с 01.08.2018 года состоит из отдела технического контроля и отдела стандартизации и сертификации.

Отдел технического контроля состоит из отделений: бюро внешней приемки, бюро точных измерений, бюро технического контроля (Д1), бюро технического контроля (Д2), региональный сервисный центр «Людиново», бюро метрологического обеспечения, группа материаловедения и неразрушающего контроля.

Для управления средствами измерений, ведение порядка приобретения, учета, эксплуатации, калибровки, ремонта, хранения, транспортирования, списания средств измерений в стенах ООО «Уральский дизель-моторный завод» была создана документированная процедура.

Документированная процедура, принявшая название СМК.ДП – 7.6 – 01 - 2018, направлена на подтверждение соответствия метрологических характеристик, эталонов, средств измерений, индикаторов и вспомогательного оборудования метрологическим требованиям, предусмотренным процессом измерений, распределение ответственности при осуществлении метрологического подтверждения пригодности измерительного оборудования. Данный документ содержит 37 страниц, в которые включают в себя:

- введение;
- область применения;

- нормативные ссылки;
- термины и определения;
- обозначения и сокращения;
- общие положения;
- ответственность;
- формирование парка СИ;
- эксплуатация СИ;
- порядок планирования и порядок проведения поверки и калибровки, вспомогательное оборудование;
- требование к персоналу для поверки и калибровки;
- помещения и условия окружающей среды;
- взаимодействия с потребителями;
- претензии;
- управления несоответствиями;
- транспортирование СИ;
- хранение и консервация СИ в подразделениях предприятия;
- эталоны единиц величин;
- списание СИ;
- методика расчета результативности СМК;
- приложения с периодичностью поверки и калибровки как в своей, так и в сторонней организации, а также формы необходимых документов [25].

Для осуществления целей, связанных с обеспечением единства измерений на предприятиях необходимо создание метрологических служб.

Метрологическая служба – юридическое лицо, подразделение юридического лица или объединение юридических лиц, либо работник (работники) юридического лица, либо индивидуальный предприниматель, либо подведомственная организация федерального органа исполнительной власти, его подразделение или должностное лицо, выполняющие работы и (или) оказывающие

услуги по обеспечению единства измерений и действующие на основании положения о метрологической службе [1].

На предприятии ООО «УДМЗ» метрологическая служба выполняет работы по обеспечению единства измерений и осуществляет метрологический контроль и надзор на данном предприятии, что присваивает вид – метрологическая служба юридических лиц. МС представлена бюро метрологического обеспечения. Ответственным за МО на предприятии является директор по качеству и начальник БМО.

Метрологическая служба ООО «УДМЗ» на данный момент не имеет аккредитации в национальной системе аккредитации согласно ФЗ №412 «Об аккредитации в национальной системе аккредитации», от 28.12.2013 года. Таким образом, поверка средств измерений, относящихся к сфере госрегулирования проводится сторонними организациями.

В бюро метрологического обеспечения работают 7 человек:

- начальник бюро метрологического обеспечения;
- 4 инженера по метрологии;
- 2 техника по метрологии.

Бюро метрологического обеспечения, планируется оснастить такими лабораториями, как:

- лаборатория средств измерений геометрических величин;
- лаборатория теплотехнических измерений;
- лаборатория электрических и механических измерений.

Так как МС предприятия не аккредитована на право поверки, средства измерения, для подтверждения соответствия метрологическим требованиям, предоставляют в сторонние организации, такие как:

- ФБУ «УРАЛТЕСТ»;
- ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ)»;
- ИП Менщикова И.В.;

– АО «Электроуралмонтаж».

Руководство лаборатории должно гарантировать компетентность всех, кто работает со специальным оборудованием, проводит калибровки, оценивает результаты и подписывает протоколы испытаний и сертификаты о калибровке. За стажерами должен быть обеспечен соответствующий надзор. Специфические задачи следует поручать персоналу с учетом соответствующего образования, подготовки, опыта и проявляемого мастерства [3].

Метрологическая служба ООО «Уральский Дизель-моторный завод» не имеет аккредитации на поверку, калибровка СИ проводится для собственных нужд, поэтому требование к образованию устанавливают в локальных документах предприятия.

На предприятии в подразделении «бюро метрологического обеспечения отдела технического контроля» инженер по метрологии (категория – специалист), подчиняется начальнику БМО. Рассмотрим требования к образованию и опыту работы штатных работников, допускаемых к калибровочным работам:

1. Инженер по метрологии должен иметь высшее профессиональное (техническое) образование без предъявления требований к стажу работы или среднего профессионального (технического) образования и стаж работы в должности техника по метрологии I категории не менее 3 лет, либо других должностях, замещаемых специалистами со средним профессиональным образованием, не менее 5 лет.

2. Специалист по метрологии II категории – высшее профессиональное (техническое) образование и стаж работы в должности инженера по метрологии или других инженерно-технических должностях, замещаемых специалистами с высшим профессиональным образованием, не менее 3 лет.

3. Инженер по метрологии I категории – высшее профессиональное (техническое) образование и стаж работы в должности инженера по метрологии II категории не менее 3 лет.

4. При наличии ходатайства руководства подразделения допускается назначение на должность ранее наступлений указанных выше условий [26].

Большой парк средств измерений на предприятии включает в себя такие виды измерений, как: измерение геометрических величин, теплофизические и температурные измерения, электротехнических и магнитных величин, радиотехнических и радиоэлектронных измерений, измерение времени и частоты, измерение давления и вакуумных измерений, измерение параметров потока, расхода, уровня объема веществ, измерения механических величин, измерения физико-химического состава и свойства веществ, оптические и оптико-физические измерения, виброакустические измерения. Представим парк средств измерений в виде диаграммы.

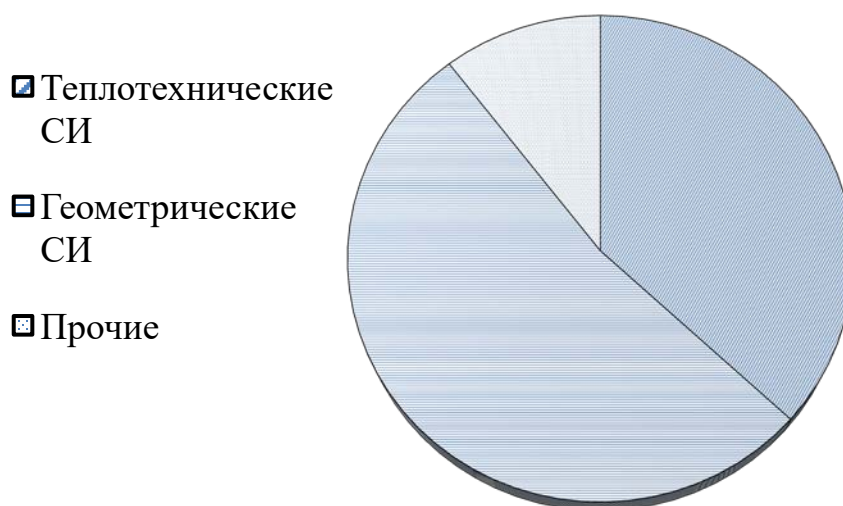


Рисунок 2 – Парк средств измерений

На диаграмме наглядно видно, что 60% средств измерений на предприятии занимают геометрические приборы, 30% приходится на теплотехническое оборудование, а остальные СИ занимают лишь 10%. Потенциометр типа КСПЗ относится к группе теплотехнических средств измерений.

Руководство МС поставило задачу разработать методику калибровки для потенциометра типа КСПЗ. Для того, чтобы разработать методику калибровки, необходимо определим метрологические характеристики и принцип работы прибора, а также рассмотрим эталоны, применимые к калибровке.

2.2 Метрологические характеристики потенциометра типа КСПЗ

Потенциометры автоматические следящего уравнивания КСПЗ государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) предназначены для измерения силы и напряжения постоянного тока, а также неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы. Прибор является показывающим и регистрирующим, могут иметь выходные устройства.

В основу работы прибора положен принцип следящего уравнивания, при котором входной сигнал сравнивается с компенсирующим напряжением измерительной схемы. Сигнал разбаланса усиливается и подается на реверсивный двигатель, выходной вал которого кинематически связан с указателем прибора, регистрирующим и выходными устройствами и с контактом реохорда измерительной схемы. Положение контакта определяет значение компенсирующего напряжения.

Значение измеряемой величины отсчитывается по положению указателя относительно шкалы. Это же значение регистрируется на диаграммном диске. Перемещение диаграммного диска осуществляется синхронным микродвигателем. Выходные устройства преобразуют в соответствующий выходной сигнал.

Прибор является одноканальным. Регистрация показаний измеряемой величины осуществляется непрерывно на диаграммном диске.

Рассмотрим принцип действия потенциометра типа КСПЗ с помощью рисунка 3.

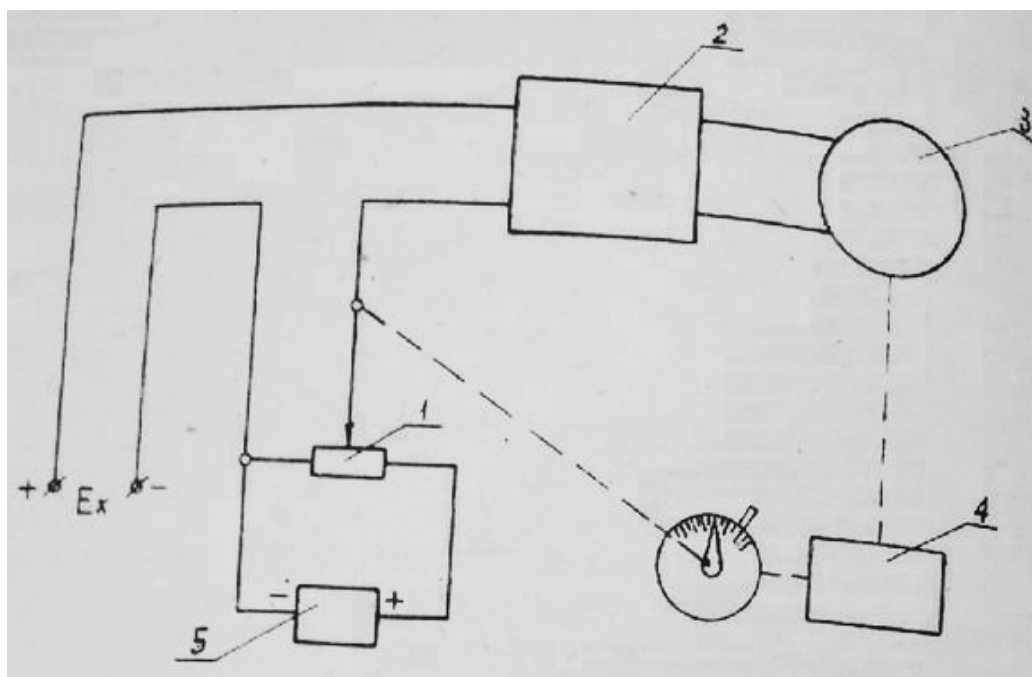


Рисунок 3 – Схема электрическая функциональная автоматического потенциометра

1 – реохорд; 2 – усилитель; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5 – источник питания

Компенсационная цепь потенциометра состоит из реохорда 1 с ползунком, усилителя 2, электродвигателя 3, источника питания 5. Электродвигатель через редуктор 4 связан с ползунком, указателем и пером (последнее на схеме не указано). Действие компенсационной цепи сводится к автоматическому перемещению ползунка по реохорду в сторону уменьшения напряжения рассогласования (разности термоэлектродвижущей силы и падения напряжения на реохорде) до тех пор, пока это напряжение не станет меньше зоны нечувствительности усилителя. Таким образом положение ползунка и связанных с ним указателя и пера прибора однозначно определяет величину термоэлектродвижущей силы и, следовательно, величину измеряемой температуры.

Конструктивно составные части приборов выполнены в виде отдельных блоков, размещенных на поворотном шасси, с открытой крышкой и задней стенке корпуса. Корпус приборов металлический, застекленная крышка, обеспечивает визуальный отсчет показаний. Монтаж приборов – щитовой. Рассмотрим конструктивно составные части потенциометра. На рисунке 4 показано устройство прибора с открытой крышкой.

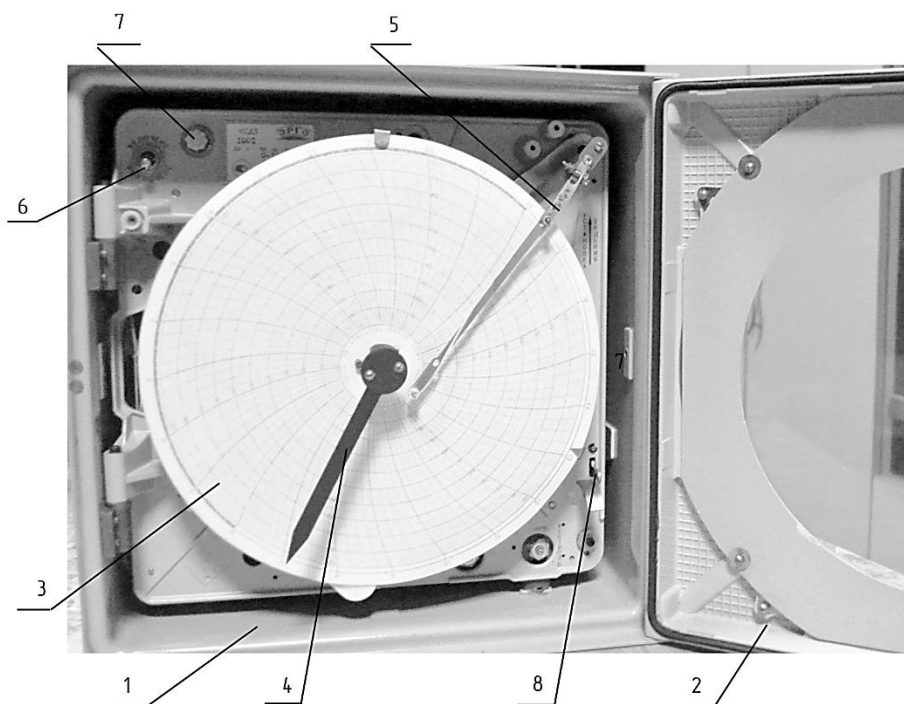


Рисунок 4 – Прибор с открытой крышкой:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – диаграммный диск; 4 – указатель; 5 – перо с держателем; 6 – выключатель; 7 – предохранитель; 8 – защелка

Устройство с открытым шасси, представлен на рисунке 4. В устройство входит реохорд 1, который закрывается стальной съемной крышкой, которая защищает его от наводок, создаваемых электромагнитными полями, и одновременно предохраняет его от механических повреждений, реверсивный двигатель 2, привод диаграммного диска 3, переходная колодка 4.

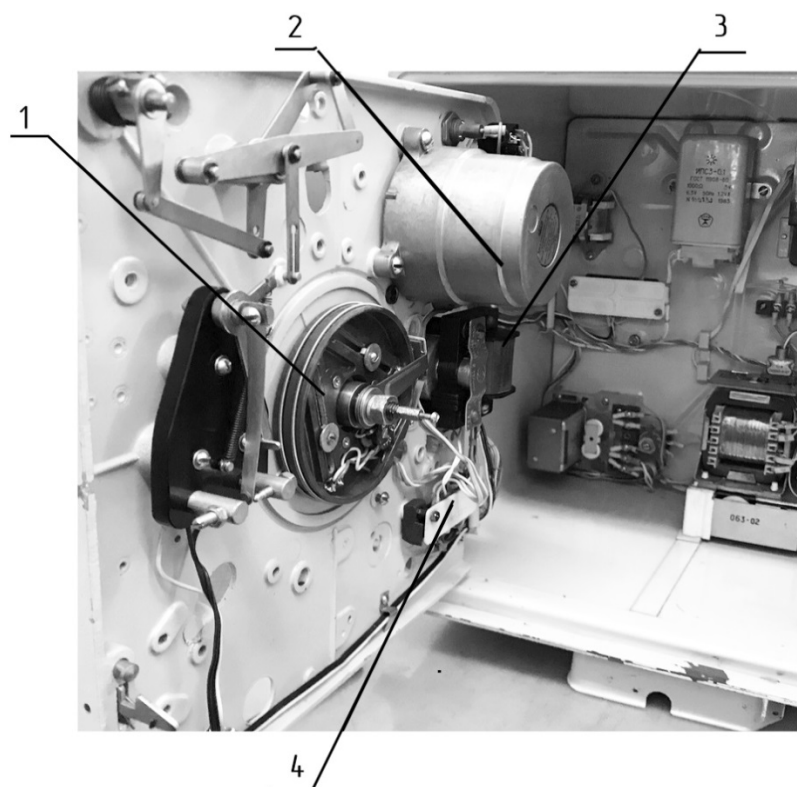


Рисунок 5 – Устройство с открытым шасси

На задней стенке корпуса (рис. 6), показана задняя стенка корпуса потенциометра типа КСПЗ, которая состоит из измерительного блока 1, источника питания, стабилизированного 2, усилителя 3, блока конденсаторов 4, разъем внешних соединений 5, переходной колодки 6. При необходимости крышка прибора легко снимается, для чего достаточно нажать на верхнюю ось шарнира и утопить ее на глубину, равную толщине рамки корпуса. При снятии крышки нужно соблюдать осторожность – необходимо придержать ось рукой для предотвращения выталкивания ее пружиной.

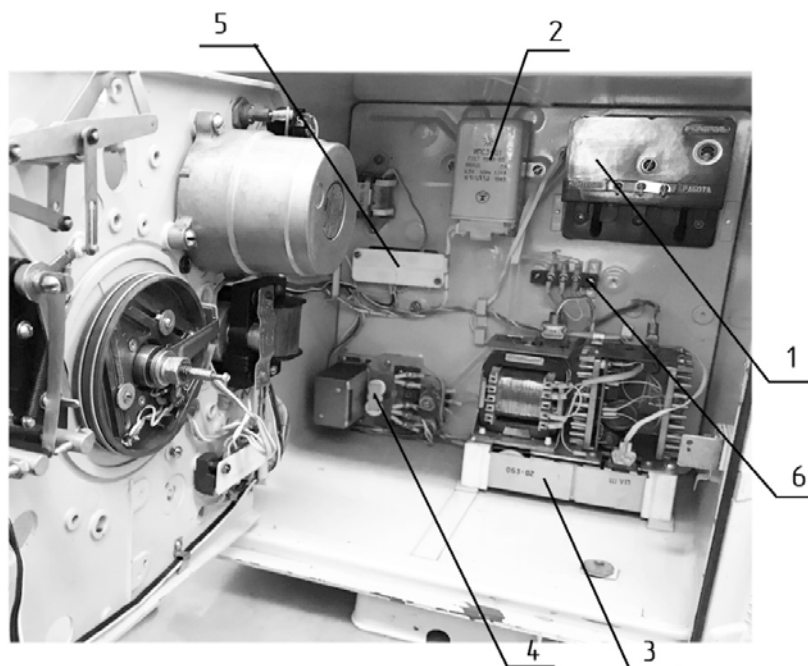


Рисунок 6 – Задняя стенка корпуса прибора

Метрологические характеристики средств измерений нормируются в ГОСТ 8.009-84 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [27]. Данный стандарт содержит приложения 1 (обязательное), под названием «Комплексы метрологических характеристик, нормируемых в НТД на средства измерений конкретных типов», где раскрываются основные цели использования конкретного типа средства измерений. Рассмотрим список предложенных целей:

- для определения результатов измерений, производимых с применением любого экземпляра средства измерений данного типа;
- для расчетного определения характеристик инструментальной составляющей погрешности измерений, производимых с применением любого экземпляра средства измерений данного типа;
- для расчетного определения МХ измерительных систем, в состав которых входит любой экземпляр средства измерений данного типа (если средства измерений данного типа предназначены для применения в измерительных системах);

– для оценки метрологической исправности средств измерений при их испытаниях и поверке.

Основные метрологические характеристики потенциометра типа КСПЗ: пределы допускаемых значений основной приведенной погрешности в % соотношениях: $\pm 0,5$ – по показаниям; $\pm 1,0$ – по регистрации показаний; $\pm 1,5$ и $\pm 1,0$ – по преобразованию; предел вариации показаний 0,5. Быстродействие приборов должно входить в интервал от 5 до 16 секунд, скорость вращения диаграммного диска 1 оборот за 24 часа, диаграммный диск DR 250, питание силовой цепи напряжения (220^{+22}_{-33}) В, частоты 50 Гц, потребляемая мощность 40 или 60 В-А, габаритные размеры 320×320×395 или 320×320×460 мм, масса 19 кг.

Преобразование температуры осуществляется с использованием термоэлектрического преобразователя типа ТХА (условное обозначение ХА₆₈). Диапазон измеряемых температур определяется нижним и верхним пределом и соответствует: 0-800°C; 0-900°C; 0-1100°C; 0-1300°C; 200-600°C; 200-1200°C; 400-900°C; 600-1100°C; 700-1300°C. Диапазон измерений напряжения постоянного тока: от -10 до 0 и до +10 мВ; от 0 до 20 мВ; от 0 до 50 мВ; от 0 до 100 мВ; от -100 до 0 и до +100 мВ. Для наглядности и удобства метрологические характеристики потенциометра типа КСПЗ, можно свести в таблицу 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики потенциометра типа КСПЗ

Метрологические характеристики	Значение величин
Рабочий диапазон измерений, °C	0-800; 0-900; 0-1110; 0-1300; 200-600; 200-1200; 400-900; 600-1100; 700-1300
Погрешность шкалы, %	$\pm 0,5$
Погрешность диаграммной ленты, %	± 1
Время прохождения указательной стрелки, с	от 5 до 16
Преобразование прибора, %	$\pm 1,5$; $\pm 1,0$
Предел вариации показаний, %	0,5
Время одного оборота диаграммы, ч	24 (± 7 мин)

Поверку прибора выполняют по методике поверки. Стандарт применяется не только к потенциометрам, но и к автоматическим уравновешенным мостам, что является неактуальным при калибровке потенциометра. Также в методике поверке описывают этапы поверки, такие как:

- проверка электрической прочности изоляции и определение электрического сопротивления изоляции;
- проверка рабочего тока измерительной цепи;
- проверка успокоения указателя прибора;
- проверка качества записи;
- проверка отклонения скорости продвижения диаграммных лен и скорости вращения диаграммных дисков от номинальных значений.

Данные пункты являются не обязательными для предприятия ООО «Уральский Дизель-моторный завод» для калибровочных работ потенциометра типа КСПЗ.

При калибровке потенциометра необходимо применять средства калибровки, которые удовлетворяют метрологическим характеристикам:

1. Низкоомный потенциометр постоянного тока или источник регулируемого напряжения совместно с потенциометром постоянного тока. Значение выходного сопротивления низкоомного потенциометра и источника регулируемого напряжения не должно превышать 0,8-1,0 наибольшего значения сопротивления термоэлектрического термометра. Источники постоянного тока, используемые для питания потенциометров и источника регулируемого напряжения, должны обеспечивать такое постоянство тока, при котором за время поверки изменение тока, выраженное в процентах, не должно превышать $1/10\gamma_{\text{п}}$, где $\gamma_{\text{п}}$ - предел допускаемого значения приведенной основной погрешности показаний поверяемого прибора.

2. Термометр должен обеспечить такую точность измерения температуры в месте расположения спаев термоэлектродных и медных проводов, при которой погрешность измерения температуры, выраженная в процентах, не превышает $1/10\gamma_{\text{п}}$. Термометр должен быть с ценой деления шкалы не более $0,1^{\circ}\text{C}$.

3. Электрические синхронные часы, обеспечивающие измерение времени не менее 5 минут с погрешностью не более 0,1% [28].

2.3 Выбор эталонов для калибровки потенциометра типа КСПЗ

По государственной поверочной схеме ГОСТ 8.027-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы», потенциометр КСПЗ находится в строке рабочих средств измерений, метод непосредственного сличения, относится к вольтметрам, измерительные преобразователи.

Измерительная цепь (включая меры входного сигнала), при помощи которой поверяют приборы, должна обеспечивать такую точность измерения, при которой абсолютная погрешность поверки не будет превышать $1/3\Delta_{\text{п}}$, где $\Delta_{\text{п}}$ – предел допускаемого абсолютного значения основной погрешности поверяемого прибора.

Если погрешность поверки не будет удовлетворять вышеуказанному требованию, то необходимо исключать систематические составляющие погрешности поверки путем введения поправки в результаты поверки так, чтобы это требование выполнялось [28].

Для калибровочных работ при помощи потенциометра типа КСПЗ применяются следующие эталоны, удовлетворяющие требованиям стандарта на методику поверки:

1. Секундомер механический СОПр.
2. Ртутный термометр тип ТЛ.
3. Потенциометр типа ПП–63.

Рассмотрим каждый эталон в соответствии с его нормативными документами.

Секундомер механический СОПр имеет свидетельство об утверждении типа, в котором прописано срок действия, наименования СИ, изготовитель, регистрационный номер, документ на поверку, интервал между поверками, номер серии СИ.

Секундомеры механические данного типа предназначены для измерения интервалов времени. Секундомер представляет собой механический прибор, состоящий из часового механизма и механизма управления отсчетом времени. Часовой механизм со свободным анкерным спуском, колебательной системой типа «спираль» и пружинным двигателем. Отсчет показаний стрелочный с одной или двумя концентрическими секундными шкалами и одной минутной шкалой. Возможны вспомогательные шкалы, облегчающие работу с секундомером.

Управление отсчетом времени – ручное. Тип СОПпр простого действия с прерываемой работой часового механизма. На секундомере лишь одна кнопка отвечает за пуск, остановку отсчета и возврат в нулевое положение (сброс показаний).

При калибровке потенциометра типа КСПЗ используют секундомер механический СОПпр-1в – 3. СОПпр – тип секундомера, 1в – условное обозначение набора шкал, класс точности секундомера – 3. Количество шкал равно 2. Емкость шкалы: 30 секунд, 15 минут. Цена деления шкалы 0,1 секунд, 0,5 минут, скачок секундной стрелки составляет 0,1. Допускаемая относительная погрешность секундомеров при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \pm (1,7 \cdot A/T + B), \quad (2)$$

где A – значение скачка секундной стрелки, с;

B – составляющая относительной погрешности, определяемая отклонением спускового регулятора от номинального значения, нормируемая в соответствии со значением класса точности секундомера: скачок секундной стрелки равен 0,2, составляющая относительной погрешности равен $(7,5 \cdot 10^{-4})$;

T – измеряемый интервал времени, с.

Допускаемая основная погрешность на заданных интервалах времени рассматривается в двух интервалах:

1. Длительность 180 секунд; предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,3$ секунды.

2. Длительность 900 секунд; предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,8$ секунд.

Средняя наработка на отказ – не менее 50000 часов; срок службы – не менее 10 лет; масса секундомера – не более 0,2 кг.

Знак утверждения типа наносится на титульном листе паспорта секундомера вверху слева над наименованием СИ типографическим способом.

Комплектность состоит из:

- секундомер – 1 шт.;
- футляр или индивидуальная коробка – 1 шт.;
- паспорт – 1 экземпляр.

Поверка прибора осуществляется в соответствии с документом АИЖ 2.813.001 МП «Секундомеры механические. Методика поверки, утвержденным ГЦИ СИ ФГУ «Челябинский ЦСМ» от 30.03.2011.

Следующий прибор, который применяется при калибровочных работах называется **ртутный термометр тип ТЛ-4 №2**. Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 №2, предназначен для измерения температуры. Принцип действия термометра основан на тепловом изменении объема термометрической жидкости, в зависимости от температуры измеряемой среды. Термометр состоит из капиллярной трубки с резервуаром, заполненными термометрической жидкостью. Капиллярная трубка защищена стеклянной оболочкой, внутрь которой вложена шкала, служащая для отсчета измеряемой температуры.

Метрологические и технические характеристики прибора следующие: диапазон измерения от 0 до плюс 55, цена деления $0,1^{\circ}\text{C}$, длина не более 530 мм, диаметр (11 ± 1) мм. Предел допускаемых абсолютных погрешностей термометров равен $\pm 0,2$. Вероятность безотказной работы термометров соответствует значению 0,96 за 2000 часов.

Комплектность средства измерения у ртутных термометров следующая:

- термометр;
- паспорт;
- футляр.

Для калибровки в цеховых условиях вторичных теплотехнических приборов, работающих с термопарами, в данном случае для потенциометра типа КСПЗ, используют **потенциометр постоянного тока ПП-63** класса 0,05. Прибор предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35°C и относительной влажности воздуха не более 80%. Пределы измерений потенциометра, принятым за эталон, выражены в мВ и имеют значения: 0–25, 0–50, 0–100.

Наибольшая допускаемая основная погрешность показаний потенциометра в вольтах при температуре окружающего воздуха плюс 20±5°C не превышает значения, определяемого по формуле:

$$\pm (5 \cdot 10^{-4} U + 0,5 U_{\min}), \quad (3)$$

где U – данное показание потенциометра, В;

U_{\min} – цена деления шкалы реохорда, В.

Значения U_{\min} меняются в зависимости от предела:

- на пределе «×0,5», $U_{\min} = 2,5 \cdot 10^{-5}$;
- на пределе «×1», $U_{\min} = 5 \cdot 10^{-5}$;
- на пределе «×2», $U_{\min} = 10 \cdot 10^{-5}$.

Изменение показаний потенциометра, вызываемое изменением температуры окружающего воздуха в пределах от плюс 10 до плюс 35°C, не превышает на каждые 5 °C изменения температуры четверти значения допускаемой основной погрешности.

Пределы изменения напряжения источника регулируемого напряжения при напряжении питания не менее 1,2 В и внешней нагрузке $R \geq 25$ Ом составляют не менее мВ:

- минус 1,25 – 0 – плюс 25;
- минус 2,5 – 0 – плюс 50;
- минус 5 – 0 – плюс 100.

Наименьшая ступень регулирования напряжения не превышает 0,03% от предельного значения напряжения. Внутреннее сопротивление источника регулируемого напряжения находится в пределах 10-15 Ом.

Сопротивление изоляции между токоведущими цепями потенциометра и его корпусом в диапазоне рабочих температур и влажности воздуха не более 80% составляет не менее 500 МОм при напряжении порядка 100 В.

Изоляция между изолированными токоведущими цепями потенциометра и его корпусом выдерживает в течение 1 минуты действие испытательного напряжения 250 В, частотой 50 Гц.

В комплект поставки потенциометра типа ПП-63, с габаритными размерами (190×250×350) мм и массой не более 7 кг, входят:

- элемент нормальный Э-303, в количестве 1 шт., массой не более 0,9 кг;
- элемент 373 ГОСТ 12333-66, в количестве 6 шт.;
- штепсель, в количестве 3 шт., габаритный размер равен 41 мм, масса не более 0,03 кг;
- паспорт (нормального элемента);
- паспорт (гальванометра);
- паспорт.

Срок гарантии равен 21 месяцу со дня ввода потенциометра в эксплуатацию, но не более 30 месяцев со дня отгрузки с завода-изготовителя.

2.4 Расчет погрешности и неопределенности измерений

Важным аспектом деятельности лаборатории является использование методов и процедур, соответствующих области ее деятельности. Наряду с отбором образцов, транспортированием, хранением и подготовки объектов, подлежащим испытаниям и калибровке, уместно проводить оценку неопределенностей измерений, а также рассчитывать погрешность. Содержание методики калибровки включает в себя расчеты по погрешности и неопределенности. Калибровка потенциометра типа КСПЗ проводится на базе ООО «Уральский Дизель-моторный завод». Значения калибровки заносят в таблицу 3, которая входит в протокол калибровки средства измерения. По табличным данным произ-

водится расчет погрешности и оценивание стандартной неопределенности по типу А.

Таблица 3 – Результаты калибровки

Шкала				Диаграммы			
Эталона	Показатели прибора			Показа- ния эта- лона П.Х.	Погреш- ность П.Х.	Суммарная неопреде- ленность	
	П.Х.	Погреш- ность П.Х.	Суммарная неопределен- ность				
С°	мВ						
0	0,96	0,96	0,00	0,035	0,89	0,07	2,033
100	3,14	3,15	-0,01				
200	7,18	7,18	0,00				
300	11,25	11,22	0,03				
400	15,44	15,45	-0,01		19,67	-4,23	
500	19,68	19,67	0,01				
600	23,94	23,93	0,01				
700	28,17	28,19	-0,02				
800	32,31	32,35	-0,04		32,28	0,03	

Абсолютная погрешность, погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины. Она определяется выражением:

$$\Delta = x - x_0, \quad (4)$$

где x – результат измерения, мВ;

x_0 – истинное значение этой величины, мВ.

Расчет основной погрешности потенциометра типа КСПЗ, рассчитывается как для шкалы, так и для диаграммы. Расчеты производятся по формулам (1) и (2), первая из которых предназначена для расчета погрешности шкалы, а вторая для расчета погрешности диаграммы:

$$\Delta = \frac{(x_K - x_H)}{100} \cdot 0,5 \quad (5)$$

$$\Delta = \frac{(x_K - x_H)}{100} \cdot 1 \quad (6)$$

Применим формулу (5) и рассчитаем погрешность для шкалы:

$$\Delta_1 = \frac{(32,31 - 0,96)}{100} \cdot 0,5 = 0,16 \text{ мВ}$$

Следующий расчет погрешности произведем по формуле (6) для диаграммы:

$$\Delta_2 = \frac{(32,28 - 0,89)}{100} \cdot 1 = 0,31 \text{ мВ} \quad (6)$$

Оценивание стандартной неопределенности типа А производится по формулам, описанных ниже.

Статистическая оценка среднего значения независимых измерений всего определяется как среднее арифметическое, по формуле:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{ni} q_k, \quad (7)$$

где q_k – результат одного измерения одного параметра, °C;

n – количество измерений одной величины.

Стандартизованную неопределенность типа А единичного измерения определяют, как среднеквадратическое отклонение одного измерения от результата измерения по формуле:

$$U_a(x_{iq}) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{iq} - \bar{x}_i)}, \quad (8)$$

После проведения измерений, следует произвести расчет по формуле (8), указанной выше. Произведем расчет стандартной неопределенности по шкале. Для расчета необходимо найти среднее арифметическое значение прямого хода.

$$\bar{x} = \frac{(0,96+3,15+7,18+11,22+15,45+19,67+23,93+28,19+32,35)}{9} = 15,79 \text{ мВ}$$

Производим расчет стандартной неопределенности.

$$\begin{aligned} \bar{U} &= \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (-14,83 - 12,64 - 8,61 - 4,57 - 0,34 + 3,88 + 8,14 + 12,4 + 16,56)} = \\ &= \sqrt{\frac{-0,01}{8}} = \sqrt{0,00125} = 0,035 \text{ мВ} \end{aligned}$$

Произведем по той же формуле расчет стандартной неопределенности по диаграмме. Для этого необходимо также рассчитать среднее арифметическое значение диаграммы (берем значение по модулю).

$$\bar{x} = \frac{(0,07-4,23+0,03)}{3} = 1,38 \text{ мВ}$$

Производим расчет стандартной неопределенности.

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (-1,31 - 5,61 - 1,35)} = \sqrt{\frac{-8,27}{2}} = \sqrt{4,135} = 2,033 \text{ мВ}$$

Внесем в таблицу результатов измерений, рассчитанные показания стандартной неопределенности по типу А.

В параграфе описаны расчеты погрешности и оценивание стандартной неопределенности по типу А, которые необходимо рассчитывать при калибровочных работах потенциометра типа КСПЗ, а также расчеты погрешности. Все расчеты производятся дважды: для диаграммы и для шкалы.

2.5 Формирование методики калибровки

Методика калибровки средств измерений – это документ, регламентирующий процедуру калибровки измерений [14].

Разделы разработанной методики калибровки МК 7.01-19, формируются на основе ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению» и на основе методики поверки ГОСТ 8.280-78 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Потенциометры и уравновешенные мосты автоматические. Методы и средства поверки». Документ включает в себя титульный лист, предисловие, 9 основных разделов, а также приложения. Рассмотрим подробно разделы методики калибровки:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- технические требования;
- требование к квалификации специалистов;
- требования безопасности;
- подготовка к проведению калибровки;
- процедура калибровки;
- обработка результатов измерений;
- оформление результатов калибровки;
- приложение В.1 – протокол калибровки;
- приложение В.2 – сертификат о калибровке средств измерений;
- приложение В.3 – извещение о непригодности к применению;

- приложение В.4 – оценивание стандартной неопределенности;
- приложение В.3 – форма расчет погрешности.

Область применения настоящей методики распространяется на потенциометр типа КСПЗ и устанавливает методы и средства калибровки. Рекомендуемый интервал между калибровками – 12 мес. Настоящая методика предназначена для применения на объектах ООО «Уральский дизель-моторный завод».

Для разработки методики необходимо применить документы, приведенные в методике в разделе нормативные ссылки. Разработанная методика основывается на следующих документах:

1. ГОСТ 8.280-78 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Потенциометры и уравновешенные мосты автоматические. Методы и средства поверки» [28].

2. ГОСТ Р 8.585-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования» [29].

3. ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры» [30].

4. ГОСТ 7164-78 «Приборы автоматические следящего уравновешивания ГСП. Общие технические условия» [31].

5. ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению» [14].

Раздел «Технические требования» включает в себя три подраздела. Сведения о назначении и области применения прибора, а также его метрологических характеристик. Средства калибровки и их метрологические характеристики сведены в таблицу. При проведении калибровки, важным пунктом является условия проведения, которые регламентируют температуру и относительную влажность воздуха.

К выполнению калибровочных работ допускаются штатные сотрудники метрологической службы предприятия, изучившие эксплуатацию документацию, имеющие квалификацию и аттестованные на право проведения калибровочных работ, и опыт в данной сфере.

Требования к безопасности при калибровке автоматических потенциометров должны соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором, и требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 [32].

Раздел «Подготовка к процедуре калибровки» содержит пункты выполнения работ, необходимых к проведению перед процедурой калибровки. Данный раздел включает в себя проверку наличия и состояния средств калибровки согласно их эксплуатационной документации, наличие действующих свидетельств о поверке (калибровке) средств измерений, используемых при калибровке, а также проверяют подготовку подключения прибора по схеме.

Следующий раздел содержит перечень наименований и описание операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого СИ. В методике описание операций выделено в отдельный пункт, который содержит наименование метрологической характеристики, используемый метод калибровки, порядок проведения операций, формулы и рекомендации по записи цифр в протокол.

В разделе «Обработка результатов измерений» указаны ссылки на приложения, в которых есть протокол калибровки, сертификат о калибровке, извещение о непригодности, определение стандартной неопределенности, форма расчета погрешности.

Оформление результатов калибровки производится согласно следующих исходов:

- при положительных результатах калибровки оформляется «Протокол калибровки» и «Сертификат калибровки»;

- при неудовлетворительных результатах калибровки оформляется «Извещение о непригодности к применению» и «Протокол калибровки»;

- при результатах калибровки, неудовлетворяющих положения и требования данной методики, выписывается «Извещение о непригодности к применению» с указанием соответствующей информации.

Необходимые значения и расчеты фиксируются в формы протоколов, имеющихся в приложениях к методике калибровки. В протоколе калибровки фиксируются измеряемые параметры. По этим параметрам в форме расчета погрешности и в оценивании стандартной неопределенности производится расчет по формулам и по полученным числам считаются выводятся итог. Извещение о непригодности или сертификат о калибровке средств измерения заполняются в конце процедуры, исходя из итога калибровки.

Методика калибровки, оформляется полным текстом самостоятельным документом (Приложении А) к дипломной работе.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ

3.1 Анализ профессионального стандарта «Специалист по метрологии»

Профессиональный стандарт «Специалист по метрологии» зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 24 июля 2017 года, регистрационный номер 47507, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации приказом от 29 июня 2017 года № 526н [33].

Профессиональный стандарт содержит четыре раздела, включающих в себя: общие сведения, раскрытия и характеристика обобщенных трудовых функций, информацию о разработчиках стандарта.

Первый раздел раскрывает вид профессиональной деятельности специалиста по метрологии – метрологическое обеспечение производственной деятельности, кроме того, указывает ключевую цель – обеспечение качества выпускаемой продукции. В разделе также представлена таблица группы занятий с идентичным кодом ОКЗ (общероссийский классификатор занятий) и наименованием, а также отнесение к сфере экономической деятельности с кодом ОКВЭД (общероссийский классификатор видов экономической деятельности) и наименованием.

Во втором разделе содержится описание трудовых функций в виде функциональной карты. Каждая из четырех обобщенных трудовых функций имеет свой код, наименование, уровень квалификации с четвертого по седьмой. В каждую обобщенную функцию входит определенное количество отдельных трудовых функций, которые также имеют код, уровень (подуровень) квалификации.

Для методического обеспечения, предназначенного для подготовки персонала, рассмотрим обобщенную трудовую функцию: «Метрологическое обес-

печение разработки, производства и испытаний продукции», а также трудовую функцию «Поверка (калибровка) сложных средств измерений», с уровнем (под-уровнем) квалификации 5. Рассмотрим подробнее требования к выбранной обобщенной трудовой функции, изложенных в таблице 4.

Таблица 4 – Требования к трудовой функции

Параметр	Требования
Трудовые действия	Разработка методик калибровки средств измерений
	Выполнение действий, предусмотренных методикой калибровки средств измерений
	Выполнение действий, предусмотренных методикой поверки средств измерений
Необходимые умения	Использовать измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений
	Применять методики и средства поверки (калибровки) средств измерений
	Рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений
	Оформлять результаты поверки (калибровки) средств измерений
Необходимые знания	Законодательство Российской Федерации, регламентирующее вопросы единства измерений и метрологического обеспечения
	Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы поверки (калибровки) средств измерений
	Нормативные и методические документы, регламентирующие работы по метрологическому обеспечению в организации
	Области применения методов измерений
	Конструктивные особенности и принципы работы средств измерений
	Технологические возможности и области применения средств измерений
	Методики и средства поверки (калибровки) средств измерений
	Методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений

При разработке и выбора содержания обучения для подготовки персонала к использованию методики калибровки, положены в основу выбранные требования.

3.2 Разработка содержания методического обеспечения для подготовки персонала к использованию методики калибровки

Подготовка сотрудников ООО «Уральский Дизель-моторный завод» проводится в Уральском филиале Академии стандартизации, метрологии и сертификации, а также в Уральском центре аттестации.

Зайдя на официальный сайт Уральского филиала Академии стандартизации, метрологии и сертификации, в графе «график обучения» представлена таблица с наименованием подготовки, стоимости обучения, количество часов, а также даты проведения обучающей программы. Рассмотрим курс обучения, предложенного для повышения квалификации по программе «Поверка и калибровка средств теплотехнических измерений (средств измерений давления, температуры и расхода)», рассчитанную на 108 академических часов.

Данная программа разработана для специалистов метрологических служб и руководителей. По окончании курса выдается удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

Пройдя обучение, специалист будет получить знания в области нормативных документов, организации технической базы метрологического обеспечения производства, физических основ измерений, методов и средств поверки и калибровки, назначения и принципов применения СИ, оформления технической документации.

Наряду с знаниями, будут приобретены умения осуществлять поверку и калибровку средств измерений, применять аттестованные методики, выполнять измерения [34].

Ниже указан перечень изучаемых тем программы «Поверка и калибровка средств теплотехнических измерений (средств измерений давления, температуры и расхода)».

Входной контроль и введение специализацию.

1 Основы обеспечения единства измерений;

1.1 Основные положения законов РФ: «О техническом регулировании», «Об обеспечении единства измерений»;

1.2 Законодательные, нормативные и правовые аспекты поверки и калибровки СИ;

1.3 Единицы величин. Системы единиц. Международная система единиц (Система СИ);

1.4 Измерения. Виды и методы измерений. Критерии качества измерений;

1.5 Погрешности измерений. Классы точности средств измерений;

1.6 Обработка результатов измерений;

1.7 Сфера и формы государственного регулирования в ОЕИ;

1.8 Методика (методы) измерений. Порядок их разработки;

2 Средства измерения температуры и их поверка (калибровка);

2.1 Методы измерений температуры и средства ее воспроизведения. Температурные шкалы;

2.2 Термометры расширения и их поверка. Манометрические термометры;

2.3 Термоэлектрические преобразователи и их поверка (калибровка);

2.4 Термопреобразователи сопротивления и их поверка (калибровка);

2.5 Измерительные приборы, работающие с термопреобразователями;

2.6 Поверка измерительных приборов;

2.7 Аналого-цифровые преобразователи. Особенности работы цифровых приборов, их поверка;

2.8 Законы излучения и их использование в пирометрии. Классификация пирометров;

2.9 Пирометры полного и частичного излучения, монохроматического и спектрального состава излучения. Поверка пирометров, методы и средства поверки;

3 Средства измерения давления и их поверка (калибровка);

3.1 Обеспечение единства измерений давления;

3.2 Жидкостные приборы для измерения давления и их поверка;

3.3 Грузопоршневые манометры и их поверка;

3.4 Деформационные приборы для измерения давления и их поверка;

3.5 Дифференциальные манометры;

3.6 Измерительные преобразователи давления и их поверка;

4 Средства измерения расхода и их поверка;

4.1 Принципы, методы и средства измерений расхода. Классификация средств измерения расхода газа и жидкости;

4.2 Основные характеристики потока;

4.3 Расходомеры переменного перепада давления и их поверка;

4.4 Расходомеры постоянного перепада давления и их поверка;

4.5 Тахометрические расходомеры, счетчики и их поверка;

4.6 Акустические расходомеры и их поверка;

4.7 Электромагнитные расходомеры и их поверка;

4.8 Счетчики жидкостей, газа и их поверка;

Зачет.

Курсовая работа.

Экзамен.

Проведение практических занятий и лекций осуществляют преподаватели различных высших заведений города Екатеринбурга, специалисты ФБУ «УРАЛТЕСТ», а также специалисты-практики ведущих предприятий Уральского региона, имеющие необходимый производственный опыт [34].

Вновь принятые сотрудники на предприятие ООО «Уральский Дизель-моторный завод», при повышении квалификации, которые в дальнейшем будут проводить калибровку потенциометра типа КСПЗ, обязаны пройти не только обучение в Уральском филиале Академии стандартизации, метрологии и сертификации, но и пройти внутрифирменную подготовку по калибровочным работам прибора «потенциометр типа КСПЗ». Подготовка направлена на изучение особенностей калибровки потенциометра в условиях метрологической службы предприятия.

Для подготовки специалистов по калибровочным работам прибора «Потенциометра типа КСПЗ» предлагается включить самостоятельную работу и лабораторную работу.

Данное обучение направлено на изучение вопросов, связанных с локальными документами ООО «Уральский Дизель-моторный завод» и методики калибровки прибора, определением метрологических характеристик прибора на основе методики калибровки «Потенциометра типа КСПЗ», проведение калибровки прибора в виде лабораторной работы, внесение результатов в соответствующие документы, осуществить итоговый контроль усвоения полученных знаний при помощи опроса.

Цель программы заключается в формировании у специалистов метрологической службы предприятия знаний, умений необходимых для выполнения калибровки потенциометра типа КСПЗ.

Для достижения поставленной цели, определим основные задачи:

- выполнение действий, уточненных методикой калибровки СИ;
- умение проводить калибровку прибором;
- рассчитывать погрешность и неопределенность результатов измерений;
- оформлять результаты калибровочных работ.

После прохождения данной программы, специалист должен знать:

- нормативную базу калибровки СИ в условиях предприятия;
- описание и принцип действия прибора, порядок составления и правила оформления необходимой документации;
- методику и средства калибровки потенциометра.

Также по исходу обучения, специалист должен уметь:

- осуществлять калибровку потенциометра;
- применять методику калибровки;
- проводить расчеты погрешности и неопределенности результатов измерений;
- оформлять документацию.

Программа содержит учебно-тематический план обучения, с указанием тем и выделенных часов для их изучения. Для полного объема изучения данного раздела представляется 7 академических часов. В таблице 5 предложены учебно-тематический план обучения.

Таблица 5 – Учебно-тематический план обучения

№ п/п	Наименование темы	Объем работы, ч			
		Теоретическое обучение	Лабораторная работа	Практическая работа	Самостоятельная работа
1	Изучение документов метрологической службы в условиях ООО «УДМЗ»				2
2	Изучение методики калибровки потенциометра типа КСПЗ МК 7.01-19	1			
3	Проведение калибровки		2		
4	Оформление документов по итогам калибровки			2	
5	Подведение итогов обучения				1
Итого:			7 часов		

Тема 1. Изучение документов метрологической службы в условиях ООО «УДМЗ». Список локальных документов предприятия.

Тема 2. Изучение методики калибровки потенциометра типа КСПЗ МК 7.01-19.

Изложение основных положений методики калибровки. Процедура калибровки потенциометра типа КСПЗ по методике калибровки МК 7.01-19. Метрологические характеристики СИ. Изучение описания и принципа действия прибора. Выбор эталонов для калибровки.

Тема 3. Проведение калибровки (лабораторная работа). Выполнение лабораторной работы с наставником. Название лабораторной работы: «Проведение калибровки потенциометра типа КСПЗ».

Тема 4. Оформление документов по итогам калибровки. Документы для фиксирования результатов калибровочных работ.

Тема 5. Подведение итогов обучения. Подведение итогов обучения в виде собеседования со списком вопросов.

Рассмотрим методику проведения занятий и необходимое **методическое обеспечение** описанных занятий.

Тема 1. Изучение документов метрологической службы в условиях ООО «УДМЗ».

Методика:

Форма организации: самостоятельная работа.

Цели:

Обучающие:

Сформировать

1. Представление о метрологической службе предприятия.
2. Знания содержание и сущности изученных документов.
3. Умение использовать документы для решения профессиональных задач.

Воспитательные:

1. Воспитывать аккуратность в применении документации.

Развивающие:

1. Развивать память.
2. Развивать внимание.

Методы: изучение документов.

Средства: включает в себя список документов (средства обучения), которые необходимо изучить во время самостоятельной работы:

- положение о метрологической службе;
- инструкция 22-2017 «Порядок оценки неопределенности и представления результатов калибровки»;
- документированная процедура СМК. ДП-7.6-01-2018 «Управление средствами измерений. Порядок приобретения, учета, эксплуатации, поверки (калибровки), ремонта, транспортирования, хранения и списания средств измерений»;

- инструкция И-7.6-02-2016 «Метрологический надзор»;
- положение об отделе метрологии, стандартизации и сертификации № 8 от 12.02.2016;
- должностная инструкция инженера по метрологии ООО «УДМЗ» от 16.03.2019 года;
- электронная база предприятия;
- журнал регистрации непригодных теплотехнических СИ;
- журнал регистрации теплотехнических СИ, прошедших калибровку в бюро МО;
- протокол расчета погрешности;
- протокол оценивания стандартной неопределенности.

Деятельность наставника: выдает копии документов для самостоятельного изучения.

Деятельность обучающегося сотрудника: принимает документы для дальнейшего изучения МС.

В качестве обеспечения занятий используются документы.

Тема 2. Изучение методики калибровки потенциометра типа КСПЗ МК 7.01-19.

Методика:

Форма организации: теоретическая работа.

Цели:

Обучающие:

Сформировать

1. Знания изложение основных положений методики.
2. Знания предназначения и метрологические характеристики прибора, условия проведения калибровки, средства и операции калибровки.

Воспитательные:

1. Воспитать бережное отношение к документам.
2. Создать условия, обеспечивающие воспитание стремления соблюдать правила безопасного ведения работ.

Развивающие:

1. Способствовать развитию технологического мышления.
2. Способствовать развитию внимательности и наблюдательности.

Методы: изучение методики калибровки.

Средства: методика калибровки потенциометра типа КСПЗ МК 7.01-19.

Деятельность наставника: выдает методику калибровки для потенциометра и раскрывает каждый пункт.

Деятельность обучающегося сотрудника: внимательно слушать, задавать вопросы.

Методические материалы не требуются.

В курсах подготовки штатных работников ООО «УДМЗ», нуждаются специалисты, у которых уже есть базовый уровень подготовки, в связи с этим, **тему** под номером **3**, предлагается освоить в виде проведения занятия таким, как лабораторная работа.

Методика:

Форма организации: лабораторная работа.

Цели:

Обучающие:

Сформировать

1. Умения осуществлять калибровочные работы потенциометра типа КСПЗ.

2. Знания устройства и подключения потенциометра.

Воспитательные:

1. Воспитать бережное отношение к приборам.
2. Создать условия, обеспечивающие воспитание стремления соблюдать правила безопасного ведения работ.

Развивающие:

1. Способствовать развитию технологического мышления.
2. Способствовать развитию внимательности и наблюдательности.

Методы: проведение калибровки потенциометра типа КСПЗ.

Средства: потенциометр типа КСПЗ, ртутный термометр стеклянный лабораторный ТЛ-4 №2, секундомер механический СОПр-1в – 3, методика калибровки МК 7.01-19, методические указания к проведению лабораторной работы.

Деятельность наставника: выдает методические указания к проведению лабораторной работы, контролирует правильность выполнения калибровки.

Деятельность обучающегося сотрудника: применять знания, изученные ранее для проведения калибровки потенциометра типа КСПЗ.

Начинаем описание методических указаний. Ниже приведем указания для проведения лабораторной работы.

Тема: «Проведение калибровки потенциометра типа КСПЗ».

Цель работы: в процессе выполнения данной лабораторной работы Вы сможете научиться проводить калибровку потенциометра типа КСПЗ по методике калибровки МК 7.01-19.

Задачи:

- определить порядок и условия проведения калибровки, по изученным ранее документам;
- провести внешний осмотр прибора;
- определить метрологические характеристики;
- проведение калибровки;
- заполнить таблицу результатов измерений.

Оснащение: потенциометр типа КСПЗ, низкоомный потенциометр постоянного тока ПП-63, ртутный термометр стеклянный лабораторный ТЛ-4 №2, секундомер механический СОПр-1в – 3, методика калибровки МК 7.01-19, методические указания к проведению лабораторной работы.

Теоретическая часть методических указаний для проведения работы включает следующий текст.

Потенциометры автоматические следящего уравнивания предназначены для контроля и записи температуры, изменения, значения которой могут быть преобразованы в изменение напряжения постоянного тока. Потен-

циометры типа КСПЗ являются показывающими и самопишущими с дисковой диаграммой.

Условия калибровки и подготовка к калибровке.

При проведении калибровочных работ соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C $20 \pm 2 (\pm 0,5)$
- относительная влажность воздуха, % 80

Проверить наличие и состояние средств калибровки согласно их эксплуатационной документации.

Проверить наличие действующих свидетельств о поверке (калибровке) средств измерений, используемых при калибровке.

В качестве меры напряжения МН используют низкоомный потенциометр постоянного тока. Мету напряжения подключают к поверяемому прибору медными проводами. Схема для калибровочных работ потенциометра приведена на рисунке 7.

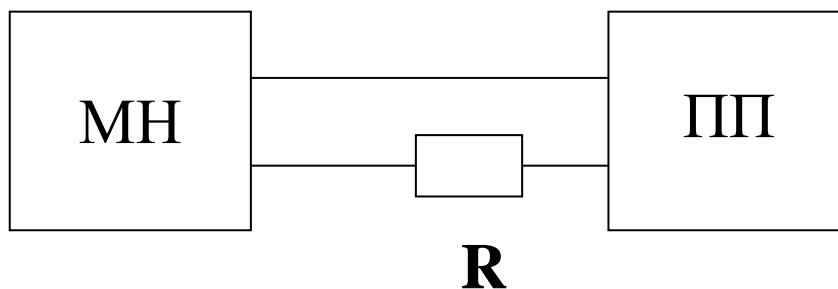


Рисунок 7 - Схема подключения потенциометра

МН - мера напряжения; R – резистор; ПП – потенциометр постоянного тока

Значение сопротивления R устанавливают таким, чтобы оно совместно с выходным сопротивлением меры напряжения было равно 0,8-1,0 наибольшего значения сопротивления термоэлектрического термометра (включая сопротивление линии связи), указанного в технической документации на поверяемый прибор.

Содержание практической части лабораторной работы приведено ниже. Порядок выполнения работы.

1. Определить операции калибровки потенциометра, согласно методики калибровки

Таблица 6 – Операции калибровки потенциометра

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики калибровки	Операции	
			При выпуске ремонта	При эксплуатации и хранении
1	2	3	4	5
1.1	Внешний осмотр	7.1	+	+
1.2	Определение соответствия времени прохождения указателем всей шкалы, допускаемым значениям	7.2	+	+
1.3	Определение соответствия основной погрешности показаний допускаемым значениям	7.3	+	+
1.4	Определение соответствия основной погрешности записи допускаемым значениям и описание стандартной неопределенности	7.4	+	+

2. Определить метрологические характеристики калибруемого прибора

Таблица 7 – Метрологические характеристики потенциометра

Метрологические характеристики	Значение величин
Рабочий диапазон измерений, °С	0-800; 0-900; 0-1110; 0-1300; 200-600; 200-1200; 400-900; 600-1100; 700-1300
Погрешность шкалы, %	±0,5
Погрешность диаграммной ленты, %	±1
Время прохождения указательной стрелки, с	от 5 до 16
Преобразование прибора, %	±1,5; ±1,0
Предел вариации показаний, %	0,5
Время одного оборота диаграммы, ч	24 (±7 мин)

3. Провести внешний осмотр прибора

Проверяется наличие и состояние средств калибровки согласно их эксплуатационной документации. Проверяется наличие действующих свидетельств о поверке (калибровке) средств измерений, используемых при калибровке.

4. Провести опробование потенциометра типа КСПЗ

1. Установить на измерительном блоке калибровочного потенциометра переключатель в положение «работа», а перемычку в положение «градуировка».

2. Подключить образцовый потенциометр типа ПП-63 к проверяемому прибору. Установить рабочий ток образцового потенциометра на ноль. Установить переключатель «род работы» в положение «поверка», соответствующее нужному пределу измерения (25 мВ).

3. Измерить термометром температуру катушки, чтобы оценить поправочный коэффициент (Определить насколько превышена температура, настолько нужно сдвинуть показатели эталона).

4. Установить стрелку калибруемого прибора на первую числовую отметку шкалы по градировочной таблице.

5. Выполнить последовательно калибровку всех числовых отметок шкалы потенциометра по таблице, от начальной до верхнего предела измерения (прямого хода).

6. Секундомером замерить прохождение стрелки от начальной точки до верхнего предела измерения (прямого хода).

5. *Записать результаты в протокол*

Таблица 8 – Результаты измерений

Шкала				Диаграммы			
Эталона		Показатели прибора			Показа- ния эта- лона П.Х.	Погреш- ность П.Х.	Суммарная неопреде- ленность
		П.Х.	Погрешность П.Х.	Суммарная неопреде- ленность			
С°			мВ				

Тема 4. Оформление результатов калибровки.

Методика:

Форма организации: практическая работа.

Цели:

Обучающие:

Сформировать

1. Знания перечня документов для заполнения факта калибровки.
2. Умения заносить нужную информацию в документ.

Воспитательные:

1. Воспитать бережное отношение к документам.
2. Воспитывать аккуратность в применении документации.

Развивающие:

3. Способствовать развитию технологического мышления.
4. Способствовать развитию внимательности и наблюдательности.

Методы: заполнение документации по окончании калибровочных работ.

Средства: методические указания к оформлению документов.

Деятельность наставника: выдает документы для оформления результатов, наблюдать за процессом заполнения документов, поправлять ошибочные действия сотрудника.

Деятельность обучающегося сотрудника: наблюдать за процессом заполнения документов, поправлять ошибочные действия сотрудника.

Обучающие:

3. Знать перечень документов для заполнения факта калибровки.
4. Знать какую информацию требуется занести в документ.
5. Уметь правильно оформлять документы.

Воспитательные:

1. Воспитать бережное отношение к приборам.
2. Способствовать формированию ответственного отношения при выполнении работ.

Развивающие:

1. Обеспечить условия для развития умений устанавливать причинно-следственные связи.
2. Развить умение применять полученные знания в нестандартных условиях.

Начинаем описание метод указаний. Ниже приведем указания для проведения практической работы.

Тема: «Оформление документов по окончании калибровки».

Цель работы: научиться оформлять документы по завершении калибровки потенциометра типа КСПЗ.

Задачи:

- заполнить нужные документы по факту о калибровке;
- заполнить необходимые документы по результату калибровки.

Оснащение: перечень документов.

1. Заполнить документы, которые не влияют на результат калибровки

- в протокол калибровки необходимо внести данные в пустые строки, также заполнить таблицу с результатами измерений (Приложение А.1);
- для завершения калибровки необходимо провести оценивание неопределенности по типу А, и заполнить форму, подставляя полученные значения измерений в формулы (Приложение А.4);
- заполнение формы погрешности (Приложение А.5);
- в электронную базу СИ, отметить факт пригодности или непригодности СИ, для понятия о состоянии СИ в данный момент;

2. Заполнить документы, которые влияют на результат калибровки

- в журнал «Регистрация непригодных теплотехнических средств измерений» записывают забракованные СИ. В журнале указывают: порядковый номер, дату калибровки, наименование СИ, заводской номер, диапазон измерения, подпись;
- в журнал «Регистрация теплотехнических средств измерений» фиксируют СИ, прошедшие калибровку в бюро МО. В журнале указывают: порядковый номер, дату калибровки, наименование СИ, заводской номер, диапазон измерения, причину непригодности.
- при положительных результатах калибровки оформляется «Сертификат калибровки» (Приложение А.2);

– при неудовлетворительных результатах калибровки оформляется «Извещение о непригодности к применению» (Приложение А.3).

Тема 5. Подведение итогов обучения.

Методика:

Форма организации: самостоятельная работа.

Цели:

Обучающие:

1. Закрепить полученные ранее знания.

Воспитательные:

1. Воспитывать усидчивость и ответственность.

Развивающие:

1. Развивать память.

Методы: ответы на контрольные вопросы.

Средства: включает в себя список итоговых вопросов, с помощью которых будет проверяться усвоение материала:

1. Каким образом проводится, документируется факт проведения калибровки?

2. Где хранятся протоколы калибровки?

3. Назовите погрешность диаграммы и шкалы прибора.

4. Для чего предназначен потенциометр типа КСПЗ?

5. Назовите критерий выбора эталонов.

6. Для каких целей создана инструкция 22-2017?

7. Какой документ устанавливает периодичность поверки (калибровки) СИ, проводимой сторонними организациями?

8. Какие разделы содержит документ «Положение об отделе метрологии, стандартизации и сертификации № 8» от 12.02.2016?

9. Для чего используют секундомер механический при калибровке?

10. Перечислите элементы потенциометра, находящиеся на открытом шасси.

Таким образом, результатом методической работы является вариант программы для обучения персонала применению методики калибровки., методики проведения занятий и методические материалы для их проведения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По завершении выполнения дипломной работы, поставленная цель была достигнута, благодаря выполненным задачам.

В выпускной квалификационной работе проанализирована деятельность предприятия ООО «Уральский Дизель-моторный завод», система менеджмента качества на предприятии, организационная структура предприятия, метрологическая служба, парк средств измерений.

В работе проанализированы требования к структуре и содержанию методики калибровки. На основе ГОСТ Р 8.879-2014 выстроены требования к разработке методики калибровки, отобрано содержание разделов методики калибровки потенциометра типа КСП. В последующем методика калибровки была разработана и оформлена, в соответствии с требованиями, указанными в нормативных документах. Предложенная методика передана инженеру-метрологу для проверки и утверждения.

В методической части разработаны методические материалы для подготовки персонала к использованию разработанной методики калибровки для потенциометра типа КСПЗ. Была разработана самостоятельная работа, направленная на изучение локальных документов, практическая работа для изучения методики калибровки потенциометра и оформления документов по окончании калибровки, лабораторная работа для овладения навыками проведения калибровочных работ, итог – ответы на вопросы по изученной программе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений № 102 [Электронный ресурс]: федер. закон: [принят Гос. думой 11 июня 2008 г.: одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г.] // Консультант плюс: справочно-правовая система. – Режим доступа: <http://consultant.ru>.

2. Сергеев, А.Г. Метрология. Стандартизация. Сертификация: учебник / А.Г. Сергеев, В.В. Терегеря. – М: Юрайт, 2014. – 412 с.

3. ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

4. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2015-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

5. ГОСТ Р 8.885-2015. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Основные положения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2016-03-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

6. Российская Федерация Приказы. Об утверждении Положения о признании результатов калибровки при поверке средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений от 2.04.2015 № 311 [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

7. РД РСК 01 – 2014. Положение о Российской системе калибровки. [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-06-05 // ВНИИМС: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>. – Режим доступа: <https://www.vniims.ru>

8. РД РСК 02 – 2014. Порядок организации деятельности Российской системы калибровки. [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-07-10 // ВНИИМС:

справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>. – Режим доступа: <https://www.vniims.ru>

9. Р РСК 001-95 Российская система калибровки. Типовое положение о калибровочной лаборатории. [Электронный ресурс]. – Введ. 1995-06-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

10. ПР РСК 005-03 Указания по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000 "Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий" в Российской системе калибровке. [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-08-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

11. ПР РСК 003-98 Порядок осуществления инспекционного контроля за соблюдением аккредитованными метрологическими службами требований к проведению калибровочных работ. [Электронный ресурс]. – Введ. 1998-04-29 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

12. ПР РСК 002-95 Калибровочные клейма. [Электронный ресурс]. – Введ. 1995-06-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

13. ГОСТ ИСО/МЭК 17011 – 2009. Общие требования к организации по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия [Электронный ресурс]. – Введ. 2010-07-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

14. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

15. РМГ 120-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Общие требования к выполнению калибровочных работ. [Электронный ресурс]. – Введ. 2015-03-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

16. ПР 50-732-93 ГСИ. Типовое положение о метрологической службе органов управления Российской Федерации и юридических лиц. [Электронный ресурс]. – Введ. 1994-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

17. ПР 50.2.018-95 ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ. [Электронный ресурс]. – Введ. 1996-02-27 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

18. РМГ 91-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий "погрешность измерения" и "неопределенность измерения". Общие принципы. [Электронный ресурс]. – Введ. 2010-02-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

19. Захаров, И.П. Неопределенность измерения: учебное пособие / И.П. Захаров, – СПб: Политехника-Сервис, 2016. – 58 с.

20. Порядок оценки неопределенности и представления результатов калибровки ООО «УДМЗ» инструкция 22-2017. – Екатеринбург, 2017. – 29 с.

21. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. [Электронный ресурс]. – Введ. 2005-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

22. ГОСТ 34100.1-2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2018-09-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

23. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2018-09-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

24. Уральский дизель-моторный завод [Электронный ресурс]: официальный портал. – Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.
<https://sinaratm.ru>

25. Управление средствами измерений. Порядок приобретения, учета, эксплуатации, поверки (калибровки), ремонта, транспортирования, хранения и списания средств измерений ООО «УДМЗ» документированная процедура СМК.ДП-7.6-01-2018. – Екатеринбург, 2017. – 37 с.

26. Должностная инструкция инженера по метрологии ООО «УДМЗ» введена 16.03.2019. – Екатеринбург, 2019. – 6 с.

27. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. [Электронный ресурс]. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

28. ГОСТ 8.280-78 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Потенциометры и уравновешенные мосты автоматические. Методы и средства поверки. [Электронный ресурс]. – Введ. 1979-07-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

29. ГОСТ Р 8.585-2001 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. [Электронный ресурс]. – Введ. 2002-07-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

30. ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-07-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

31. ГОСТ 7164-78 Приборы автоматические следящего уравновешивания ГСП. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. – Введ. 1980-01-01// Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

32. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Введ. 1978-01-01 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

33. Профессиональный стандарт «Специалист по метрологии» № 526 н то 29.06.2017 г. [Электронный ресурс] // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru>.

34. График обучения [Электронный ресурс] // Уральский филиал АСМС. – Режим доступа: <http://ураласмс.рф>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СОГЛАСОВАНО Начальник 609 ВП (военное представительство) МО РФ ООО «Уральский Дизель-моторный завод» _____ Д.А. Ронжанин «_____» _____ 2019 г.	УТВЕРЖДЕНО Генеральный директор по качеству ООО «Уральский Дизель-моторный завод» _____ П.П. Скворцов «_____» _____ 2019 г.
--	---

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

Потенциометр типа КСПЗ

МК 7.01-19

Проект

Разработчик: Д.Д. Журавлева

Количество страниц: 16

Екатеринбург

2019

Предисловие

РАЗРАБОТАНА ООО «Уральский Дизель-моторный завод», г. Екатеринбург

ИСПОЛНИТЕЛЬ Д.Д. Журавлева

УТВЕРЖДЕНА ООО «Уральский Дизель-моторный завод»

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Содержание

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
 2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ
 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
 - 3.1 Сведения о метрологических характеристиках
 - 3.2 Средства калибровки
 - 3.3 Требования к условиям проведения калибровки
 4. ТРЕБОВАНИЕ К КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ
 5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
 6. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ КАЛИБРОВКИ
 7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ
 8. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
 9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ
- ПРИЛОЖЕНИЕ А.1 – Протокол калибровки
- ПРИЛОЖЕНИЕ А.2 – Сертификат о калибровке средств измерений
- ПРИЛОЖЕНИЕ А.3 – Извещение о непригодности
- ПРИЛОЖЕНИЕ А.4 – Оценивание стандартной неопределенности
- ПРИЛОЖЕНИЕ А.5 – Форма расчета погрешности

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на потенциометр типа КСПЗ и устанавливает методы и средства калибровки.

Рекомендуемый интервал между калибровками – 12 мес.

Настоящая методика предназначена для применения на объектах ООО «Уральский дизель-моторный завод».

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. ГОСТ 8.280-78 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Потенциометры и уравновешенные мосты автоматические. Методы и средства поверки»;

2. ГОСТ Р 8.585-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования»;

3. ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»;

4. ГОСТ 7164-78 «Приборы автоматические следящего уравнивания ГСП. Общие технические условия»;

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1. Сведения о метрологических характеристиках потенциометра типа КСПЗ

3.1.1. Потенциометры автоматические следящего уравнивания КСПЗ государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) предназначены для измерения силы и напряжения постоянного тока, а также неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы. Прибор является показывающим и регистрирующим, могут иметь выходные устройства.

КС - прибор регистрирующий.

П - автоматический потенциометр.

З - номер серии.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Метрологические характеристики	Значение величин
Рабочий диапазон измерений, °С	0-800; 0-900; 0-1110; 0-1300; 200-600; 200-1200; 400-900; 600-1100; 700-1300
Погрешность шкалы, %	±0,5
Погрешность диаграммной ленты, %	±1
Время прохождения указательной стрелки, с	от 5 до 16
Преобразование прибора, %	±1,5; ±1,0
Предел вариации показаний, %	0,5
Время одного оборота диаграммы, ч	24 (±7 мин)

3.2. Средства калибровки

3.2.1. При проведении калибровки используют средства измерения, приведенные в таблице 2 и удовлетворяющие критерию:

$$\Delta \varepsilon / \Delta \pi \leq 1/3, \quad (1)$$

где $\Delta \varepsilon$ – погрешность эталонных СИ;

$\Delta \pi$ – погрешность калибруемого потенциометра.

Таблица 2 – Средства калибровки

Наименование и тип средства калибровки	Метрологические характеристики	
	Предел измерения	Предел допускаемой основной погрешности
Потенциометр типа ПП-63	0 - 100 мВ	0,05 мВ
Ртутный термометр стеклянный лабораторный ТЛ-4 №2	От 0°С до 55°С	±0,1°С
Секундомер механический СОПр-1в – 3	30 минут	±1,6°С

3.3. Требования к условиям проведения калибровки

При проведении калибровочных работ соблюдают следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С $20 \pm 2 (\pm 0,5)$

3. ТРЕБОВАНИЕ К КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ

К выполнению калибровки допускаются лица, изучившие эксплуатацию документацию, имеющие квалификацию и аттестованные на право проведения калибровочных работ, а также иметь опыт в данной сфере.

5. ТРЕБОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При калибровке автоматических потенциометров должны соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором, и требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0-75.

6. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ КАЛИБРОВКИ

6.1. Проверить наличие и состояние средств калибровки согласно их эксплуатационной документации.

6.2. Проверить наличие действующих свидетельств о поверке (калибровке) средств измерений, используемых при калибровке.

6.2. В качестве меры напряжения МН используют низкоомный потенциометр постоянного тока. Мету напряжения подключают к поверяемому прибору медными проводами. Схема для калибровочных работ потенциометра приведена на рисунке 1.

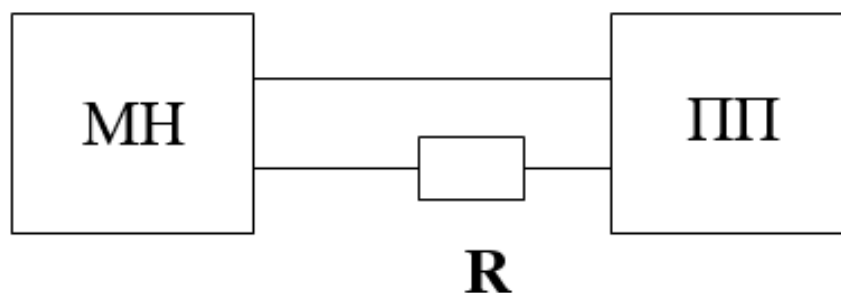


Рисунок 1 - Схема подключения потенциометра

МН - мера напряжения; R – резистор; ПП – потенциометр постоянного тока

Значение сопротивления R устанавливают таким, чтобы оно совместно с выходным сопротивлением меры напряжения было равно 0,8-1,0 наибольшего значения сопротивления термоэлектрического термометра (включая сопротивление линии связи), указанного в технической документации на поверяемый прибор.

7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ

При проведении калибровки должны выполняться операции согласно таблице 3.

Таблица 3 – Операции калибровки

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики калибровки	Операции	
			При вы-пуске ре-монта	При экс-плуатации и хране-нии
1	2	3	4	5
1.1	Внешний осмотр	7.1	+	+
1.2	Определение соответствия времени прохождения указателем всей шкалы допускаемым значениям	7.2	+	+
1.3	Определение соответствия основной погрешности показаний допускаемым значениям	7.3	+	+
1.4	Определение соответствия основной погрешности записи допускаемым значениям и описание стандартной неопределенности	7.4	+	+

7.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие технического описания и инструкции по эксплуатации;
- отсутствие повреждений, влияющих на работу прибора;
- соответствие расположения конца указателя относительно наименьшей отметки шкалы, конец указателя должен перекрывать не менее $1/4$ и не более $3/4$ наименьшей отметки шкалы;

- соответствие захода указателя за крайние отметки шкалы, которое проверяют по технической документации на прибор, при отсутствии в технической документации методом поверки заход указателя проверяют путем изменения входного сигнала поверяемого прибора;
- наличие диаграммной ленты (диска), соответствующей градуировке и пределу измерения прибора;
- отсутствие внутри прибора посторонних предметов или незакрепленных деталей;
- соответствие маркировки прибора требованиям ГОСТ 7164-78.

7.2. Определение соответствия времени прохождения указателем всей шкалы допускаемым значениям

Указатель прибора должен перемещаться на всю длину шкалы от начальной до конечной отметки и обратно.

Время прохождения указателем всей шкалы определяют по ГОСТ 7164-78 или по методу с использованием схемы, изображенной на рисунке 2.

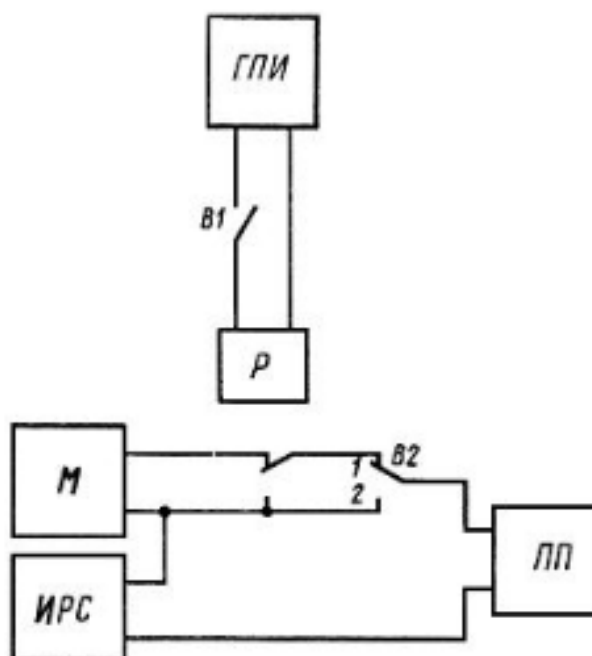


Рисунок 2 – Время прохождения шкалы указателем

ГПИ - генератор прямоугольных периодических импульсов; М - мера входного сигнала, ИРС - источник регулируемого сигнала; Р - реле; В1 - однополюсный переключатель; В2 - двухполюсный переключатель

Замыкают переключатель В1 и изменяют длительность импульсов до значения, при котором указатель будет совершать колебания от начальной до конечной отметки и обратно, не переходя за крайние отметки шкалы и не задерживаясь на обеих отметках (задержка на одной отметке допускается). При этом время прохождения указателем всей шкалы будет равно длительности импульсов.

7.3 Определение метрологических характеристик (погрешность показаний допускаемых значений)

Соответствие определяют не менее чем на пяти отметках шкалы, интервал между которыми не должен превышать 30% длины шкалы. В число проверяемых отметок должны входить начальная и конечная отметки шкалы. Также допускается определять соответствие на указанных отметках при двух положениях переключателя, при которых записанные на диаграммную ленту значения измеряемой неизменной величины имеют наибольшую разность.

Для каждой проверяемой отметки рассчитывают два значения выходного сигнала x_1 и x_2 по формулам:

$$x_1 = x_{\text{ном}} - \Delta_{\text{п}} - \frac{q_{\text{п}}}{2} - \Delta_{\text{е}} - x_{\text{т}}, \quad (2)$$

$$x_2 = x_{\text{ном}} - \Delta_{\text{п}} + \frac{q_{\text{п}}}{2} - \Delta_{\text{е}} - x_{\text{т}}, \quad (3)$$

где $x_{\text{ном}}$ – номинальное значение выходного сигнала, соответствующее проверяемой отметке;

$q_{\text{п}}$ – изменение входного сигнала, соответствующее шагу намотки реохорда. Шаг намотки должен быть указан в технической документации на проверяемый прибор;

$\Delta_{\text{е}}$ – поправка на исключаемую систематическую составляющую погрешности калибровки;

$x_{\text{т}}$ – температура свободных концов термоэлектрического термометра, соответствующая принятому значению температуры для подключения свободных концов термоэлектрического термометра или спаев.

Входной сигнал медленно увеличивают. Указатель должен остановиться на проверяемой отметке или справа от нее.

7.4. Определение соответствия основной погрешности записи допускаемым значениям и описание стандартной неопределенности

При калибровке допускается число проверяемых линий (отметок) сокращать до трех, не исключая при этом начальной и конечной линии диаграммной ленты (диска). Расчеты значения выходного сигнала x_3 и x_4 производятся по формулам:

$$x_3 = x_{\text{НО}} + (x_{\text{НОМ}} - x_{\text{НО}}) \frac{L_{\text{Д}}}{L_{\text{НОМ}}} + \Delta_3 - \Delta_e - x_{\text{Т}}, \quad (4)$$

$$x_4 = x_{\text{НО}} + (x_{\text{НОМ}} - x_{\text{НО}}) \frac{L_{\text{Д}}}{L_{\text{НОМ}}} - \Delta_3 - \Delta_e - x_{\text{Т}}, \quad (5)$$

где $x_{\text{НО}}$ – номинальное значение входного сигнала, соответствующее начальной отметки шкалы;

$x_{\text{НОМ}}$ – номинальное значение выходного сигнала, соответствующее проверяемой отметке;

$\frac{L_{\text{Д}}}{L_{\text{НОМ}}}$ – действительная и номинальная ширина поля записи диаграммной ленты (диска), соответственно. У диска ширину поля записи определяют, как у ленты между крайними линиями отсчета;

Δ_3 – предел допускаемого значения погрешности записи;

Δ_e – поправка на исключаемую систематическую составляющую погрешности калибровки;

$x_{\text{Т}}$ – температура свободных концов термоэлектрического термометра, соответствующая принятому значению температуры для подключения свободных концов термоэлектрического термометра или спаев.

Значение, записываемое на диаграммную ленту (диск), должно лежать на проверяемой линии или справа от нее. Погрешность записи определяют по ГОСТ 7164-78. Она должна удовлетворять требованиям ГОСТ 7164-78.

8. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. Результаты расчета стандартной неопределенности записывают в форму, приведенную в приложении А.4;

8.2. Результаты расчета погрешности заносят в протокол в приложение А.5.

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ

9.1. При положительных результатах калибровки оформляется «Протокол калибровки» (Приложение А.1) и «Сертификат калибровки» (Приложение А.2);

9.2. При неудовлетворительных результатах калибровки оформляется «Извещение о непригодности к применению» (Приложение А.3) и «Протокол калибровки» (Приложение А.1).

(Рекомендуемое)

Средство измерений:

Заводской номер _____ Предел измерения _____

Класс (погрешность) _____

Эталон	Заводской номер	Класс (погрешность)	Годен до
Потенциометр ПП-63			
Секундомер			
Термометр			

температура _____

относительная влажность

напряжение питания сети _____

[illegible]

Время прохождения стрелки по шкале _____

Допустимая основная погрешность показания шкалы _____ диаграммы

Стандартная неопределенность шкалы диаграммы

По результатам калибровки выписан сертификат № _____ о калибровке СИ от « ____ » _____ 20 ____ г.

Заключение: Прибор признан по ГОСТ 8.280-78.

Калибровку произвел

(подпись)

ФИО

ПРИЛОЖЕНИЕ А.2

ООО

«Уральский дизель-моторный завод»

СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

№ _____

Действительно до

« ____ » _____ г.

Наименование средства измерений _____

Тип _____

Заводской № _____

Предел измерений _____

Действительное значение метрологических характеристик:

Принадлежит _____

На основании результатов калибровки признан годным и допущен к
применению

Специалист, проводивший

калибровку

подпись

Ф.И.О

« ____ » _____ 20 ____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.3

ООО

«Уральский дизель-моторный завод»

ИЗВЕЩЕНИЕ

о непригодности к применению

№ _____

Средство измерений _____

наименование, тип

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие и номер имеются)

заводской номер _____

принадлежащее _____

наименование прибородержателя

на основании результатов поверки (калибровки) признано непригодным к применению

Причины непригодности: _____

Калибровку провел

подпись, дата

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 ____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.4

Оценивание стандартной неопределенности типа А

1. Оценивание стандартной неопределенности типа А

1.1. Статистическая оценка среднего значения независимых измерений всего определяется как среднее арифметическое, по формуле:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k, \quad (1)$$

где q_k – результат одного измерения одного параметра, °С;

n – количество измерений одной величины.

1.2 Стандартизованную неопределенность типа А единичного измерения определяют, как среднеквадратическое отклонение одного измерения от результата измерения по формуле:

$$U_a(x_{iq}) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{iq} - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

или

$$\bar{U}_a(x_{iq}) = \sqrt{\frac{1}{ni(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{iq} - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

где результат определяется как среднее арифметическое по формуле 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.5

Форма расчета погрешности

Абсолютная погрешность, погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины. Она определяется выражением:

$$\Delta = x - x_0, \quad (1)$$

где x – результат измерения;

x_0 – истинное значение этой величины.

Для вычисления погрешности прибора по значениям шкалы, необходимо использовать следующую формулу:

$$\Delta = \frac{(x_k - x_n)}{100} \cdot 0,5, \quad (2)$$

где x_k – конечное значение эталона;

x_n – начальное значение эталона.

0,5 – значение погрешности шкалы.

Для вычисления погрешности прибора по значениям диаграммы, необходимо использовать следующую формулу:

$$\Delta = \frac{(x_k - x_n)}{100} \cdot 1, \quad (3)$$

где x_k – конечное значение эталона;

x_n – начальное значение эталона;

1 – значение погрешности диаграммы.